

SÉRIE A, n° 1216
N° D'ORDRE : 2084

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Alexandre PANU

Licencié ès sciences

1^{re} THÈSE. — LES PIGMENTS DU TÉGUMENT DE L'ANGUILLE. ÉTUDE
MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ. LE NÉOGÈNE EN
ROUMANIE. LA CHLOROPHYLLE.

Soutenues le 17^e Octobre 1929 devant la Commission d'examen

Président : M. ET. RABAUD.

Examineurs : { M. DEREIMS.
M. GUILLIERMOND.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1929

SÉRIE A, n° 1216

N° D'ORDRE : 2084

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Alexandre PANU

Licencié ès sciences

1^{re} THÈSE. — LES PIGMENTS DU TÉGUMENT DE L'ANGUILLE. ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ. LE NÉOGÈNE EN ROUMANIE. LA CHLOROPHYLLE.

Soutenues le *17 Octobre 1929* devant la Commission d'examen

Président : M. ET. RABAUD.

Examineurs : { M. DEREIMS.
M. GUILLIERMOND.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie} ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1929

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen Ch. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

Doyens honoraires . . . P. APPELL, M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires.

A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER.
H. LEBESGUE.
A. FERNBACH.
A. LEDUC.
R. DONGIER.
E. HÉROUARD.

ÉMILE PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
G. KOENIGS Mécanique physique et expérimentale.
E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
P. JANET Electrotechnique générale.
F. WALLERANT Minéralogie.
P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
Gabriel BERTRAND . . . Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE Physique générale et radioactivité.
M. CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres organisés).
G. URBAIN Chimie générale.
Émile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
L. MARCHIS Aviation.
Jean PERRIN Chimie physique.
Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P.C.N.).
H. ABRAHAM Physique.
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
L. LAPICQUE Physiologie générale.
E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des transformations.

Professeurs

A. COTTON Physique générale.
J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY Physique.
Charles PÉREZ Zoologie.
Léon BERTRAND Géologie structurale et géologie appliquée.
R. LESPIEAU Théories chimiques.
E. RABAUD Biologie expérimentale.
P. PORTIER Physiologie comparée.
E. BLAISE Chimie organique.
P.-A. DANGEARD Botanique.
Paul MONTEL Mécanique rationnelle.
P. WINTREBERT Anatomie et Histologie comparées.
O. DUBOSCQ Biologie maritime.
G. JULIA Mathématiques générales.
A. MAILHE Étude des combustibles.
L. LUTAUD Géographie physique et géologie dynamique.
Eugène BLOCH Physique théorique et physique céleste.
Henri VILLAT Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB Géologie.
P. PASCAL Chimie minérale.
Léon BRILLOUIN Théories physiques.
V. AUGER Chimie appliquée.
N... Astronomie.



E. PÉCHARD Chimie (Ens^t P.C.N.).
M. GUICHARD Chimie minérale.
A. GUILLET Physique.
C. MAUGUIN Minéralogie.
L. BLARINGHEM Botanique.
A. MICHEL-LÉVY Pétrographie.
A. DEREIMS Géologie.
A. DENJOY Calcul diff^{er} et intég^{ral}.
H. BÉNARD Physique (P.C.N.).
E. DARMOIS Physique.
C. BRUHAT Physique.
H. MOUTON Chimie physique.

L. JOLEAUD Paléontologie.
M. JAVILLIER Chimie biologique.
A. DUFOUR Physique (P.C.N.).
F. PICARD Zoologie (Évolution des êtres organisés).
ROBERT-LÉVY Zoologie.
L. DUNOYER Optique appliquée.
A. GUILLERMOND Botanique (P.C.N.).
A. DEBIERNE Radioactivité.
M. FRÉCHET Calcul des Probabilités et Physique mathém.

Secrétaire

A. PACAUD.

A MONSIEUR LE DOCTEUR LOUIS ROULE

Professeur au Muséum

A MONSIEUR LE DOCTEUR ETIENNE RABAUD

Professeur à la Sorbonne

*Témoignage de très respectueuse
reconnaissance.*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AVANT-PROPOS

Les recherches exposées plus loin ont été faites au Laboratoire d'Ichtyologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris de M. le Professeur ROULE.

A ce Maître, à qui je dois le sujet de ce travail, qu'il n'a cessé de guider de ses conseils, qui m'a fait le grand honneur de me recevoir dans son laboratoire dont l'installation parfaite m'a permis de mener à bien ces recherches sans difficultés.

Je le prie de trouver ici l'expression de ma très sincère et très vive reconnaissance.

M. le Professeur RABAUD a bien voulu accepter la présidence du Jury de ma thèse. C'est au cours d'entrevues qu'il a bien voulu m'accorder qu'il a fait naître ma vocation de biologiste et qu'il m'a conseillé dans l'exécution de mon travail. Je lui en exprime ici ma profonde et respectueuse gratitude.

A Mlle M. L. VERRIER, Docteur ès-sciences, attachée au Vivarium du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris qui m'a guidé au cours de l'exécution de ces recherches dont les conseils et l'aide ont facilité mon travail, j'exprime ici ma profonde et respectueuse reconnaissance.

M. le Professeur POPOVICI-BAZNOSANU de la Faculté des Sciences de Bucarest, qui fut un de mes premiers maîtres en Roumanie, et M. le Général ATANASESCU, Maréchal de la Cour Royale de sa Majesté la Reine de Roumanie à qui je dois tant, voudront bien trouver ici l'expression de mes vifs et respectueux remerciements.

Je ne saurais, non plus, oublier l'appui de M. le Dr JONESCU-BRAÏLA, Directeur général au Ministère de l'Agriculture de Bucarest. Je lui en exprime ici toute ma respectueuse reconnaissance,

Les Pigments du tégument de l'Anguille

ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

INTRODUCTION

Le but de ce travail est l'étude histologique des téguments de l'anguille et de l'influence du milieu sur la pigmentation.

Mon travail se compose donc de deux parties principales : La première réservée à l'étude morphologique de la peau et du pigment chez l'anguille adulte comprend l'étude des différentes sortes de pigments, leur localisation et aussi l'évolution du pigment chez les jeunes civelles au moment de la montée.

Notre attention a été attirée sur l'influence de l'état physiologique de l'anguille sur l'évolution du pigment mélanique.

Dans la deuxième partie nous avons étudié les caractères physique, chimique du milieu naturel (température, oxygène dissous, salinité, PH) l'alimentation dans ce milieu et l'évolution du pigment.

Les observations d'ordre expérimental destinées à vérifier et à compléter les observations faites

dans la nature ont été faites au moment de la montée des civelles à Arcachon où M. le Professeur SIGALAS m'a permis très obligeamment de profiter des ressources de la station biologique qu'il dirige.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE MORPHOLOGIQUE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

L'Anguille (*Anguilla, anguilla*, LINNÉ) est un Poisson qui constitue à lui seul la famille des Anguillides de l'ordre des Apodes. Rappelons que l'Anguille a un corps allongé, serpentiforme, arrondi à la partie antérieure, comprimé vers la queue et couvert d'une peau épaisse, très résistante où sont incluses les écailles ; ce qui caractérise ce Poisson c'est l'atrophie des nageoires pelviennes. L'Anguille possède des nageoires pectorales très petites, formées de rayons simples. Les nageoires impaires sont réunies, peu développées et formées aussi de rayons simples.

La nageoire dorsale prend naissance assez loin de la tête et très en arrière de l'extrémité des pectorales. Les nageoires sont brunâtres, sauf l'anale qui est généralement plus claire. La tête est comprimée, arrondie à sa partie supérieure : les mâ-

choires sont pourvues de dents en cardes fines, ainsi que le vomer. La mâchoire supérieure est plus courte que l'inférieure, la langue est libre. La narine possède deux orifices éloignés l'un de l'autre, l'orifice postérieur situé en avant de l'œil. L'appareil branchial a une ouverture, les ouïes sont petites et placées vers la base de la pectorale. Les yeux sont de taille réduite, arrondis, l'iris est jaune pâle cuivré.

Le genre unique de l'Anguille comprend plusieurs espèces, dont les deux plus répandues sont :

1° L'Anguille commune (*Anguilla anguilla* LINNÉ) qu'on trouve dans toute l'Europe, sauf dans les bassins de la mer Noire et de la mer Caspienne ;

2° L'Anguille d'Amérique (*Anguilla chrisipa* Rafinesque) qu'on trouve aux Etats-Unis sur le versant atlantique.

En France, l'Anguille se trouve dans les eaux douces, salées ou saumâtres des embouchures, des étangs littoraux. Voici ce que dit M. Roule relativement à l'Anguille :

« Depuis l'antiquité on a inventé de nombreuses légendes pour s'expliquer comment elle peut se répandre et se propager.

« Les uns font naître les Anguilles dans la vase des étangs, d'autres les font éclore dans le corps de divers poissons d'eau douce. On a supposé qu'elles étaient hermaphrodites, qu'elles se fécondaient elles-mêmes. On a admis qu'elles étaient vivipares. Par contre, on connaît depuis longtemps plusieurs habi-

tudes régulières de l'espèce tendant à montrer que sa vie complète dépasse le domaine des eaux douces continentales et des eaux saumâtres littorales pour empiéter sur celui des eaux marines du large. A l'automne s'effectue dans nos rivières l'épisode dite de la descente ; les grosses anguilles, souvent pelotonnées à plusieurs, descendent les cours d'eau jusqu'aux embouchures, puis disparaissent dans la mer. En hiver, et jusqu'au printemps, le littoral est envahi par une prodigieuse quantité d'Anguilles minuscules venant de la haute mer, et cherchant à se glisser dans les eaux saumâtres des étangs littoraux, des estuaires ou dans les eaux douces des fleuves.

« Considérant ces deux actes inverses, le célèbre abbé SPALLANZANI, naturaliste et physicien du ^{xviii}^e siècle, a pensé que l'anguille, si elle ne fraie pas en eau douce, devait se reproduire en mer. Il lui semblait probable que les premières allaient pondre et que les secondes représentaient les produits de cette ponte. Les études modernes ont démontré la réalité de cette présomption. On sait aujourd'hui par l'observation directe, et non par l'hypothèse, que l'existence complète de l'Anguille comprend trois états successifs :

« La première, larvaire, au large, dans la mer ; la deuxième, de croissance, dans les eaux continentales, dans les eaux saumâtres et douces, la troisième, reproductrice, exclusivement située en mer, où l'individu est obligé de retourner pour frayer. Les dé-

placements auxquels il se livre pour se prêter à ces exigences constituent sa migration ».

Les études modernes ont démontré la réalité de ces faits et on a vu que les Anguilles adultes qui descendent les eaux douces, surtout les rivières et les étangs sont pour la plupart des femelles ; elles ont des ovaires volumineux, tandis que les mâles qui vivent habituellement dans les eaux saumâtres, les lagunes, les estuaires, les étangs littoraux, sont plus petits que les femelles et ont des testicules décrits pour la première fois par Syrski en 1874.

Ces différences de sexe sont rendues plus sensibles si l'on observe les modifications extérieures. On peut alors distinguer l'*Anguille argentée* qui ayant atteint la maturité sexuelle, entre dans la mer pour s'y reproduire, et l'*Anguille jaune*, plus petite (les mâles ont 30 cm. tandis que les femelles mesurent jusqu'à 42 cm.) et sexuellement immatures. D'après les recherches de A. GANDOLFI HORNOLD, les individus dépassant 42 cm. deviennent argentés. Les mâles deviennent argentés plus tôt que les femelles avec une taille inférieure. Chez l'Anguille jaune de taille inférieure à 42 cm., on ne peut pas de prime abord distinguer les deux sexes ; il est nécessaire de recourir à la dissection. Par contre, chez l'Anguille argentée, on peut être sûr que la presque totalité des individus mesurant 42 cm. ou moins de 42 cm. sont des mâles ; on ne rencontre des femelles que lorsqu'elles ont plus de 45 cm. de longueur.

A. GONDOLFI a étudié d'après les écailles et la for-

mation de zones annuelles dans les otolithes, l'âge des anguilles argentées. Il a conclu que ces anguilles étaient entre la sixième et la onzième année de leur vie, depuis leur arrivée sur la côte, comme Civelles. Les anguilles jaunes, ou sexuellement immatures, ont une coloration dorsale brun olive et le ventre jaune. Chez l'Anguille jaune, la différenciation sexuelle se produit à des longueurs très variables : 15 cm. chez les unes, alors que d'autres ont dépassé 30 cm. Nous avons rencontré souvent des Anguilles jaunes de plus de 30 cm. et dont les organes sexuels n'étaient encore que des bandes très fines, sans traces d'ovaires, ni testicules. Les individus étaient encore hermaphrodites et pouvaient se différencier en mâles ou en femelles.

Actuellement, on pense que chez la petite Anguille jaune il y a une période plus ou moins longue d'hermaphrodisme, appelée par Witschi, « hermaphrodisme juvénile ». Selon lui, des causes encore inconnues, soit la nourriture, soit d'autres conditions biologiques détermineraient l'un ou l'autre sexe. Certains pensent que l'organe de Syrski chez la petite anguille jaune de moins de 30 cm. ne représenterait pas le testicule et pourrait encore se transformer en ovaire. D'autres admettent que l'organe de Syrski représente le testicule.

Chez les Anguilles argentées en état de maturité sexuelle, les yeux s'élargissent et prennent une orientation latérale ; l'abdomen devient plus clair, blanc nacré, ce qui contraste avec les teintes rous-

sâtres ou orangées et les pigments brun vert de leur dos. Elles revêtent une livrée de noces, plus vive, plus éclatante, qui caractérise leur état d'élaboration sexuelle. A partir de ce moment, elles ne s'alimentent plus. Cela, contrairement à l'anguille jaune qui est très vorace et très carnassière.

Les expéditions du docteur SCHMIDT ont montré que les anguilles argentées entreprennent un long voyage dans la mer et ne s'arrêtent que dans un endroit fixe, en plein Océan Atlantique intertropical, près des Iles Bermudes. Là toutes les Anguilles de l'Europe se rassemblent pour frayer. Lorsque la ponte est faite, on ignore ce que deviennent les Anguilles mâles et femelles, mais ce qui est certain, c'est qu'elles ne reviennent pas.

Il ne reste à parler que des formes *Leptocephalus* et *Civelle*, c'est-à-dire les deux premières périodes de la vie de l'anguille.

Leptocéphalus brevirostris Kaup. ou *Anguilla vulgaris Schmidt*, est une larve en voie de développement adaptée à des conditions de vie spéciales et différentes de celles de l'adulte. Ce n'est pas un embryon, parce qu'il est libre, et a des organes différents de ceux de l'embryon. Grâce à ces organes, il peut faire face aux besoins de la phase larvaire qui sont différents de celles de la phase adulte. La période larvaire finie, les organes larvaires se résorbent et l'animal se métamorphose.

Le Leptocéphale a la forme d'une feuille lancéolée comprimée dans le plan vertical ; sa bouche est

armée de dents marginales, provisoires, longues et saillantes ; l'orifice anal est situé en arrière, mais son tube digestif a été trouvé vide parce qu'il ne mange pas dans cette période de sa vie. Les organes génitaux sont rudimentaires. On ne lui connaît comme organe de sens que l'œil, l'organe olfactif et les organes sensoriels marginaux. C'est une larve pélagique, transparente, dont le sang est incolore.

Les observations effectuées à Messine par deux naturalistes italiens, GRASSI et CALANDRUCCIO démontrent que cette sorte de Leptocéphale appartient au cycle du développement de l'Anguille. Grâce aux investigations du docteur Schmitd, nous savons aujourd'hui que les reproducteurs ayant frayé en pleine eau, leurs œufs fécondés flottent dans l'Océan, et, après un temps d'incubation, éclosent en donnant de petites larves du type leptocéphale. Les circonstances de la ponte font que ces œufs et les larves qui en proviennent se trouvent suspendus dans la masse des eaux atlantique, vers le passage des Iles Bermudes, de la mer des Sargasses, et à l'origine du Gulf stream. Tous ces produits en quantité prodigieuse entraînés par le courant du Gulf stream, sont emportés à travers l'Océan atlantique et amenés progressivement vers les côtes de l'Europe occidentale et de l'Afrique du Nord. Chemin faisant, ces larves, d'abord minuscules, grandissent en gardant leur forme plate et la transparence de leur corps. Elles arrivent alors à la hauteur des côtes européennes, mais avant de toucher au littoral, elles

subissent une métamorphose compliquée dont le résultat est de les convertir en petites anguilles (Civelles). On compte pour la croissance et la métamorphose de Leptocéphale en Civelse, 3 ans.

On sait donc aujourd'hui, par observation directe, que l'existence de l'Anguille comprend trois étapes successives : La première : larvaire, au large dans l'Océan ; la deuxième : de croissance dans les eaux continentales ; et la troisième reproductrice dans l'océan où l'individu est obligé de retourner pour frayer.

CHAPITRE II

PIGMENTATION DES CIVELLES. HISTORIQUE

SCHMIDT, dans son travail paru en 1906, décrit la métamorphose du leptocéphale et la divise en 6 stades : les stades V et VI correspondent à la phase civellaire qui dure depuis son arrivée sur la côte et le commencement de la migration dans l'eau douce, jusqu'à la fin de sa dernière réduction en longueur et en volume qui a lieu pendant le développement de la pigmentation, avant le commencement de la croissance définitive. Schmidt divise le stade V en *Va* et *Vb*, et GILSON fait de même pour le stade VI de SCHMIDT.

Je reproduis le tableau de classification de Gilson.

Tableau des caractères particuliers des 4 stades de la phase civellaire d'après Gilson

STADE V

Pas de chromatophores sur les faces dorsales ni latérales. Les chromatophores du système superficiel sont réduits à la tache caudale. Bouche com-

plètement inerme. Quelques dents très rudimentaires, non sorties de l'épiderme. Diamètre vertical très accentué.

Va
pas de tache cérébrale

Vb
une tache cérébrale

STADE VI

Des chromatophores superficiels sur la face dorsale et sur les faces latérales. Dents mandibulaires et vomériennes perçant plus ou moins l'épiderme. Diamètre vertical moins prédominant. Ce stade ne se rencontre pas au large, on ne l'observe que dans les eaux littorales et les entrées.

Vla
Les chromatophores superficiels qui ont gagné les faces latérales s'y déposant en lignes myocommales et latérales qu'on peut trouver dédoublées à la fin du stade. Les dents mandibulaires et vomériennes commencent à sortir de l'épiderme.

Vlb
Les lignes myocommales et latérales sont plus distinctes ou bien on ne les voit que faiblement en certains points. Les dents mandibulaires et vomériennes sont bien sorties de l'épiderme

STRUBBERG ne tient pas compte de l'état de développement de la dentition et se base uniquement sur la disposition des mélanophores sur le corps. (Voir tableau n° 1 de Strubberg, page 48.)

D'après Grassi, au stade *Va*, les chromatophores sont répartis en deux groupes : *profonds* et *superficiels*. Les profonds s'étendent le long de la colonne vertébrale et les cutanés ou superficiels forment une plaque ou tache sur l'extrémité caudale,

Au stade Vb, les chromatophores de cette tache caudale sont plus dispersés et ont tendance à gagner vers l'avant et vers le haut. A ce moment apparaît un groupe curieux de chromatophores sur la face dorsale de la tête, ce que Grassi compare à un buste de femme (Voir figure 2). Cette tache cérébrale est formée par des chromatophores profonds au-dessus de l'ancéphale et peut être facilement mise en évidence, d'après les conseils de GRASSI, en divisant la tête en deux moitiés par une coupe sagittale. Au Stade VIa les chromatophores commencent à se disperser. Le pigment se développe aussi depuis la tache caudale le long du dos sous la nageoire dorsale sur les flancs en suivant les zones intermyotomiques et en se plaçant en séries continues au-dessus des myocommes. Sur la tête en partant d'un groupe rostral de chromatophores qui apparaît sur la partie supérieure du museau, le pigment gagne les faces latérales et dorsales de la tête.

Les chromatophores internes, d'après SCHMIDT, apparaissent au stade II à l'extrémité caudale et rampent le long de la colonne vertébrale s'avancant vers la tête. Ces chromatophores ont un aspect différent des chromatophores cutanés ; ils sont plus noirs et plus grands ; ils sont semblables à ceux de la tache cérébrale. Gilson a vu que les chromatophores de la tache cérébrale occupent le niveau d'une vaste fontanelle primitive au niveau de laquelle le crâne cartilagineux est incomplet et largement ouvert.

Cette solution de continuité n'est fermée, à cette époque, que par la peau et les méninges, elle sera obturée plus tard par les os dermiques. Gilson croit que la voûte de la Civelle est plus photosensible que chez les autres poissons et cette tache apparaît pour protéger son crâne.

Pigmentation des Civelles.

Recherches personnelles.

En étudiant les divers stades d'évolution du pigment, soit à l'œil nu, soit à la loupe, chez les civelles conservées dans l'eau physiologique formolée (1 partie de formol neutre pour 9 d'eau physiologique 6 %) ou bien chez les Civelles anesthésiées (quelques gouttes d'éther dans l'eau), nous avons constaté quelques exceptions au tableau de A. Struberg. Pour nous, 96 % seulement des Civelles correspondent à ce tableau.

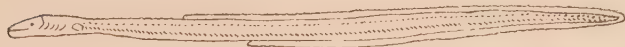
a) Dans le stade VIA2 souvent le pigment ventrolatéral dépasse l'anús et nous avons aussi trouvé des pigments antérieurement par rapport à l'anús.

b) Dans le stade VIA1, le pigment n'est pas en formation tout le long du bord dorsal.

c) Dans le stade VIB, nous avons remarqué que les nageoires pectorales ne sont pas toujours nettement pigmentées quand la disposition du pigment d'après les myosepta commence à être peu distincte, soit dorsalement, soit ventralement, et avant l'apparition des autres stades.

d) Dans le stade VB le pigment superficiel est limité dans la portion caudale. Exceptionnellement on peut trouver quelques points noirs superficiels formés par des cellules localisées dans la ligne latérale, près de l'extrémité caudale. Ils correspondent au niveau de la sixième et de la dernière vertèbre.

e) Le pigment profond noir correspond aux méninges de la moelle, si l'on examine à la loupe et par transparence l'animal couché sur le côté, on voit: de chaque côté de la moelle, le pigment présente des interruptions qui correspondent aux vertèbres. En examinant l'animal sur la partie dorsale de la moelle, on remarque que le pigment dorsal est presque continu et qu'il va en diminuant vers la tête.



P W.

FIG. 1.— Les mélanophores internes neurales vues par transparence (Stade VIA₁ de Strubberg).

Dentition de la civelle.

Les dents larvaires si remarquables du Leptocéphale ont disparu. La bouche est inerte au début jusqu'au stade V de Schmidt. Certains auteurs y voient quelques dents rudimentaires non sorties de l'épiderme. Il est très important de noter que le leptocéphale a des dents très puissantes, mais il ne

mange pas. Gilson dit que chez la Civelle, au commencement du stade VI Schmidt (VIa Gilson) on

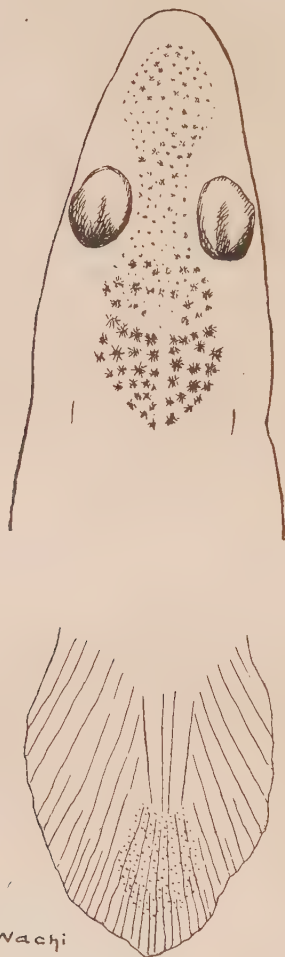


FIG. 2. — Tache céphalique et tache caudale.

voit des dents mandibulaires et vomériennes qui commencent à sortir de l'épiderme, et en sortent définitivement au stade VIb Gilson.

Il est intéressant de mentionner les époques se rapportant aux divers stades de Strubberg où apparaissent les dents, parce que le tableau de STRUBBERG que nous avons adopté, avec quelques petites restrictions, n'est pas basé sur le développement de la dentition.

En conséquence, nous avons trouvé que la dentition commence au stade VIA1 de STRUBBERG et qu'elle se termine presque au début du stade VIA2. Nous mentionnons ces faits car la dentition a une très grande importance en ce qui concerne la migration et l'alimentation des Civelles.

CHAPITRE III

MORPHOLOGIE DE LA PEAU DE L'ANGUILLE

D'une manière générale, l'épiderme des poissons a été décrit par LANGERHANS, MAX SCHULZE, LEYDIG, KOLLIKER, RANVIER, MAURER, etc...

L'épiderme des Cyclostomes, des Sélaciens en général et de quelques Téléostéens est lisse ou ne présente que des écailles rudimentaires.

Au sujet des Téléostéens à peau non recouverte d'écailles, comme chez *Anguilla vulgaris* dont nous nous occupons, on connaît les travaux de LEYDIG, SCHULZE, MAURER, VIRIEUX, etc... Nous avons tenu compte de l'opinion de ces divers auteurs et nous leur avons emprunté une partie importante.

L'épiderme de l'Anguille d'après VIRIEUX (1926) ressemble beaucoup à celui des Cyclostomes, avec toutefois quelques différences ; voici les principales caractéristiques :

a) La présence des cellules pigmentaires ramifiées au sein de l'épithélium (dans l'espace intercellulaire) ;

b) Des cellules lymphatiques qui sont groupées régulièrement au niveau des cellules basales, et

irrégulièrement disséminées dans les régions supérieures.

L'auteur indique qu'il est intéressant de remarquer :

- c) La présence de cellules muqueuses ;
- d) La conformation spéciale des cellules en massue ;
- e) Surtout la disposition de cellules superficielles qui sont des grands éléments pourvus d'un cuticule.
- f) Le manque absolu de stratum cornéum qui chez les autres Téléostéens, englobe de sa couche cornée les rangs superficiels.

I. — Nous avons observé dans nos coupes que les cellules muqueuses (Becherzellen des auteurs allemands) sont presque semblables à celles des autres poissons.

La cellule est très grande, sphérique, et la zone claire qui contient le mucus se colore en rouge vif par le mucicarmin, tandis que les noyaux, qui sont aplatis considérablement par le mucus, sont colorés en bleu par l'hémalum.

II. — Les cellules en massue décrites par Maurer, Schulze et Leydig présentent deux régions :

a) L'une plasmatique, centrale, long ruban traversant la cellule de bas en haut, où il s'épanouit en losange (le losange contient les deux noyaux de la cellule).

b) Une masse principale périphérique mucoïde, à longs fils longitudinaux.

Des auteurs allemands remarquent que ces cellules sont intermédiaires entre « Fadenzellen » décrite par Schreiner chez la Mixine et « Kolbzellen » décrites par Maurer chez la Lamproie.

Dans cet ordre d'idées, ces cellules sont décrites comme des cellules en forme de raquettes qui deviennent ovales au fur et à mesure qu'elles atteignent la surface de l'épiderme. On décrit ici une vacuole qui secrète un grain (sekertkugel des auteurs allemands), un noyau et on mentionne le long ruban qui constitue la partie plasmatique centrale. Nous avons fait les coupes des peaux d'anguilles, en divers points. Il s'agissait d'anguilles jaunes de 30 à 40 cm. de longueur. Nous avons remarqué que le long ruban décrit par les auteurs n'existe que dans le stade intermédiaire, c'est-à-dire lorsque les cellules qui n'ont pas encore complètement la forme en raquette, perdent contact avec la membrane basale. Le long ruban disparaît dans la phase suivante lorsque la cellule perd définitivement contact avec la membrane basale et lorsqu'elle s'arrondit.

Dans ce dernier cas, il y a une très grande vacuole, qui contient quelquefois une graine de sécrétion.

Dans les stades plus avancés, c'est-à-dire lorsque la cellule arrive à la surface de l'épiderme, le noyau se réduit beaucoup et a l'aspect d'un point. Il est accolé à la vacuole de sécrétion.

En ce qui concerne les cellules muqueuses que nous avons décrites, il faut ajouter qu'à mesure que

ces cellules se forment, elles gagnent la surface et se vident de leur contenu.

III. — En ce qui concerne les cellules lymphatiques groupées régulièrement au niveau des cellules basales, et la présence des cellules pigmentées dans le sein de l'épithélium décrites par VIRIEUX comme règle générale, nous les avons seulement remarquées chez des individus ayant séjourné pendant environ trois mois dans un aquarium rempli d'eau peu oxygénée.

IV. — En examinant la surface de la peau, on remarque que les cellules superficielles qui sont de grands éléments sont pourvues d'une cuticule, tandis que les cellules sous-jacentes ne sont pas kératinisées.

La peau de l'Anguille n'est pas nue comme pourrait le faire croire un examen superficiel ; elle contient, incluses dans le tissu conjonctif, des plaquettes de tissu fibreux sur lesquelles se disposent en lignes concentriques d'autres plaquettes calcaires, de forme ovale qui donnent, avec le nitrate de cobalt, la coloration violette caractéristique de l'aragonite.

On peut dissoudre les plaquettes calcaires au moyen d'un acide ou bien les isoler en traitant les écailles à chaud par la potasse ou la soude, ce qui détruit la partie organique.

En ce qui concerne le derme, nous avons remarqué que, sous la membrane basale, on trouve une région conjonctive plus ou moins dense qui, sous forme de tractus conjonctifs, s'insinuent dans le tissu adipeux sous-jacent.

Nous trouvons enfin la couche musculaire.

Pour l'étude de la peau, nous avons employé la technique suivante : fixateurs, sublimé acétique, Flemming, Bouin, Dubosq et Helly, et comme colo-

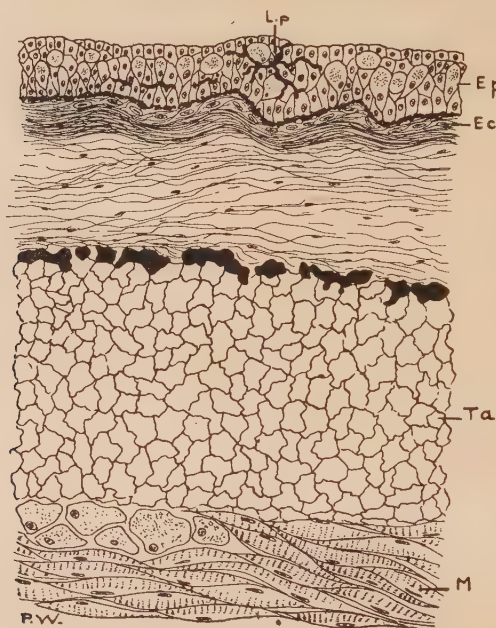


FIG. 3. — Coupe verticale dans la peau de l'anguille :

- E* : Epiderme.
- Ec* : Ecaille.
- Lp* : Leucocyte pigmentifère.
- Tc* : Tissu conjonctif.
- Ta* : Tissu adipeux $\times 465$.
- Ml* : Mélanophore.

ration nous avons utilisé les colorations courantes.

La peau de l'Anguille étant très épaisse et se durcissant considérablement au cours des manipulations histologiques, nous avons employé comme méthode d'inclusion, celle de Von Péterfi, c'est-à-

dire le Méthylbenzoat-Celloidin. En sortant les pièces de l'alcool absolu, on les met dans une solution de Méthylbenzoat-Celloidin (10 gr. celloidin sèche dans 1000 cmc. de méthylbenzoat). On y laisse séjourner ces pièces 24 heures en changeant la solution de temps en temps, ensuite on fait l'inclusion dans la paraphine fondue à 54°. Cette méthode n'est employée que pour la structure de la peau.

CHAPITRE IV

LES PIGMENTS DE LA PEAU D'ANGUILLE

Nous étudierons les trois pigments qui existent dans la peau d'anguille :

I) **Le pigment jaune** (histologie du pigment).

Le pigment jaune est contenu dans les cellules placées immédiatement au-dessus de la membrane basale. Ces cellules ont des prolongements irréguliers. Dans le stade d'expansion, ces prolongements ne sont pas arborescents comme chez les mélanophores.

Etant donnés les caractères de solubilité du pigment jaune contenu dans les cellules envers les réactifs usuels d'histologie, nous avons étudié les tissus à l'état frais (simple étalement de la peau) ou sur les coupes congelées. Les cellules qui contiennent le pigment jaune, à mesure qu'elles vieillissent, entrent en contact les unes avec les autres et forment un réseau où il est très difficile de reconnaître les cellules initiales. La dimension de ces cellules varie entre 20 et 30 μ : leur noyau peut être vu par transpa-

rence et est situé dans le milieu de la cellule. Nous avons pu mettre en évidence ces cellules dans des préparations permanentes (ayant repéré d'avance leur place sur les tissus frais) par les fixations prolongées avec bichromate de potasse 3 %.

Le bichromate premièrement oxyde le pigment et substratum et puis l'insolubilise. Ensuite, on peut réaliser des colorations secondaires, surtout avec l'hématoxyline-ferrique.

Nature du pigment et propriété histochimique.

D'après nos recherches, nous avons constaté que le pigment jaune est un mélange de carotinoïdes et de lipoïdes divers.

L'ancienne classe des lipochromes, dans laquelle étaient confondus les pigments solubles dans les corps gras et lipoïdes, et les pigments ayant eux-mêmes la constitution de ces corps, doit être considérée comme non existante. Quand le pigment est lui-même un corps gras, on peut le classer parmi les substances chromolipoïdes. Tandis que, dans notre cas, quand le pigment étant un carotène, et seulement soluble dans les corps gras, nous pouvons le considérer comme un pigment jaune ou carotinoïde.

Telle qu'on la rencontre dans les chromatophores, le carotène est soluble dans l'alcool à 95°, l'alcool absolu, le chloroforme, l'acétone, le toluène, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole et les autres sol-

vants organiques neutres. Il est soluble dans la créosote, les essences, les carbures liquides, les graisses, les lipoïdes et les acides gras, et insoluble dans l'eau, la glycérine, le formol, les acides minéraux et les solutions alcalines. Un fait intéressant, est que le substratum du pigment est de nature lipoïde, parce que, quand on traite par l'acétone les cellules jaunes de la peau d'anguille, le pigment jaune est dissous, tandis que le substratum persiste ; et grâce à cela, nous l'avons mis en évidence, par la méthode de fixation DIÉTRICH modifiée par PARAT, et coloration par l'hématoxyline de KULTSCHITZKYS.

Nous avons employé aussi, avec succès, après cette fixation, le Soudan III, d'après la technique de CIACCIO, les lipoïdes sont colorés dans le premier cas en bleu noir et dans le deuxième cas en jaune rouge.

La technique de fixation DIÉTRICH modifiée par PARAT est la suivante :

Fixation HELLY, 6 à 12 heures, postchromisation dans une solution saturée de bichromate de potasse, à l'étuve à 37° pendant 48 heures, et ensuite 12 heures de lavage dans l'eau courante.

En ce qui concerne le carotène qui forme la substance principale de la cellule jaune, nous avons essayé, comme Verne a fait dans le cas des crustacés décapodes, les réactions classiques :

1° Il suffit d'arroser avec une solution iodo-iodurée étendue le tissu à étudier sur les coupes faites à la congélation et nous obtenons la coloration brun violet, caractéristique des carotinoïdes. On sait que

d'autres corps donnent avec l'iode une réaction colorée, mais d'une teinte différente.

Par exemple, l'amidon se colore en bleu, et la substance amyloïde et le glycogène en brun acajou.

2° Si on soumet un fragment de peau fraîche d'anguille à une chaleur douce, au bout d'un temps variable, on remarque que le pigment est décoloré par oxydation. On peut réaliser cette oxydation en traitant les chromatophores par une solution d'acide chromique. On obtient un mélange de substratum lipoïde et de pigment oxydé, colorable par Soudan III, qui réduit le tétroxyde d'osmium qui n'était pas réduit avant l'oxydation.

3° Une autre réaction plus ancienne consiste en : la coloration bleue en présence d'acide sulfurique concentrée, ou bleu verdâtre en présence d'acide azotique. Cette réaction assez fugace est obtenue avec les acides concentrés et sur les tissus frais.

*Répartition des pigments carotinoïdes
et leur origine dans la série animale.*

Les carotinoïdes sont une série de pigments privés d'azote dans leur noyau chromogène. Les uns représentés par les carotinoïdes se groupent autour d'un noyau hydrocarburé tandis que la cochenille et le kermès se rattachent au naphtoquinones.

Divers auteurs, comme PALMER et ECKLER (1914), pour les Mammifères, SCHULZE (1914) pour les Insectes. VERNE (1923) pour les crustacés, ont démon-

tré que ces pigments sont très répandus dans le règne animal.

Il s'agit, soit de carotène ou d'un hydrocarbure voisin (zooérythrine des crustacés, des insectes, luteine du corps jaune des Mammifères, etc...), soit d'un produit apparenté ou analogue aux xanthophylles (zooérythrine des crustacés) soit enfin des carotinoïdes non encore déterminés de façon précise (quelques Insectes).

PALMER et ECKLER admettent que, d'une manière générale, les organismes supérieurs sont incapables de faire la synthèse des carotinoïdes et que ces pigments ne sont autres que les carotinoïdes végétaux introduits dans le tube digestif avec la nourriture, et fixés secondairement au niveau des enclaves grasses ou lipoides des diverses cellules. Verne croit que les deux processus sont réalisés.

II) Les Guanophores.

Le pigment purique, d'après MILLOT, se présente exclusivement chez les Vertébrés inférieurs sous forme de cristaux incolores de guanine ou de guanine, contenus dans des éléments particuliers : les guanophores.

Histologie du pigment.

On doit éviter les fixateurs acides ou alcalins qui dissolvent la guanine, à l'exception de l'acide acé-

tique. Le formol peut être employé, mais bien neutralisé.

Nous avons employé comme fixateurs les liquides de CARNOY, de HELLY et le formol salé ; comme colorants, toutes les colorations courantes, sauf les colorations régressives (hématoxyline), que nous ne conseillons pas d'employer, parce que la guanine est dissoute.

Nous préconisons l'examen à l'état frais, par coupe à la congélation ou par étalement de la peau.

Certains auteurs ont décrit des formes très diverses de la cellule à guanine chez les poissons : forme étoilée, forme arborescente, forme ramifiée et forme arrondie ovalaire.

Nous ne croyons pas possible de donner une forme typique de la cellule, parce que diverses causes la contractent ou la distendent ou la maintiennent dans des états intermédiaires.

De même que les mélanophores et les cellules jaunes, les guanophores sont capables de contraction et d'expansion. Un fait important est à remarquer : les guanophores chez l'anguille forment un réseau qui est plus abondant surtout dans les parties argentées de la peau. Ce réseau est localisé sous la membrane basale près des mélanophores, et entre le tissu adipeux et la couche musculaire qui en est revêtue.

BALLOVITZ et d'autres auteurs décrivent l'organe chromatique (mélaniridosome) chez *Corégonus fera* et *Esox lucius* où la cellule à guanine enferme dans

son intérieur, le plus souvent en son centre, un mélanophore ou une cellule jaune.

D'autres auteurs décrivent chez *Leuciscus rutilus*, *Gastérostéus aculatus*, *Phoxinus laevis*, *Gobio fluviatilis*, des relations très intimes entre les mélanophores et les guanophores.

Nous n'avons jamais constaté chez l'anguille l'organe chromatique (mélaniiridisome) décrit par certains auteurs, pour les autres poissons. Dans notre cas, les guanophores sont accolés près des mélanophores, mais ils sont parfaitement libres.

En ce qui concerne les cellules à guanine décrites par BALLOVITZ, régulièrement orientées « comme les pétales d'une fleur » autour d'un mélanophore, nous croyons, comme MILLOT, que ces cellules sont le résultat de la division répétée d'un élément initial.

Dans la peau d'Anguille, les guanophores forment des réseaux très étendus à mailles lâches ou serrées, mais assez reconnaissables comme éléments, tandis que dans le péritoine, ils forment une couche très dense et continue dénommée depuis longtemps *stratum argenteum*.

Les guanophores sont ici dans un état de fusion maximum et on ne peut pas voir les limites cellulaires ou le noyau : nous assistons ici à une fusion complète entre les guanophores.

D'après nous, les guanophores de la peau d'anguille ont un diamètre de 40 à 50 μ , la taille de ces cellules pigmentaires est donnée approximativement parce que nous savons que son volume peut chan-

ger. A l'état frais, et sur les préparations montées sans coloration, le noyau d'un guanophore est peu visible parce que la zone nucléaire est presque toujours parsemée de quelques cristaux; tandis que dans les préparations permanentes fixées en Flemming et colorées par la thionine eosine, les noyaux sont très visibles.

En ce cas, les cristaux de guanine sont dissous et le protoplasma débarrassé de ces cristaux apparaît sous une forme claire présentant une structure finement alvéolaire.

Nous avons étudié les cristaux par dissociation et étalement de la peau. Ce procédé nous a permis d'observer les cristaux de guanine et de déterminer leur système cristallin, qui nous paraît appartenir au système cubique. Les cristaux sont aciculaires et leur longueur varie entre 2 et 5 μ . D'après l'angle sous lequel la lumière frappe les cristaux, ils paraissent brillants, irisés ou peu visibles. L'orientation des cristaux est variable dans la cellule et, d'une façon générale, nous ne pouvons pas la préciser.

Chez l'Anguille adulte, c'est à ces formes cristallines qu'il faut attribuer la couleur argentée des téguments.

Constitution chimique et origine du pigment purique.

Le pigment purique des poissons, qui donne de si vives couleurs à certaines espèces, a été étudié premièrement par BARRESVILLE (1861), KHUNE et

SOWALL (1880) pensent que les cristaux représentent du guanate de chaux. FUCHS (1914) trouve aussi du calcium dans les guarophores. CUNNINGHAM et MAC MUNN (1893) et MILLOT (1913) admettent que la chaux n'est qu'un produit d'excrétion provenant de substances autres que le pigment qui est formé de guanine pure. Pour MILLOT, cette guanine serait en combinaison dans le pigment avec une substance organique. L'extraction de la guanine est très facile chez les Poissons. Le pigment extrait des écailles se laisse réduire en poudre. Il est insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther, le xylol, le chloroforme, la glycérine ; il est facilement soluble dans l'eau chaude et très soluble dans toutes les bases, sauf l'ammoniac, et dans tous les acides, sauf l'acide acétique. En ajoutant à une solution chlorhydrique une solution saturée d'acide picrique, on obtient des aiguilles de picrate de guanine ; avec les bases on obtient des guanates. Les pigments puriques doivent être considérés comme résultant de la désintégration des nucléoprotéides dont est formé en grande partie le noyau cellulaire.

MILLOT dit que les nucléoprotéides sont dédoublés en une protéine et un corps insoluble, la nucléine. La nucléine à son tour est dédoublée en une substance albuminoïde et en un acide nucléique. Cet acide contient tout le phosphore du noyau ; son hydrolyse fournit : 1° des bases puriques : 2° des bases pyrimidiques ; 3° des corps hydro-carbonés : 4° de l'acide phosphorique.

Parmi les bases puriques, seules l'adénine et la guanine préexistent dans la molécule nucléoprotéique, tandis que les autres bases puriques, ainsi que l'acide urique, se forment au cours de l'hydrolyse des deux bases naturelles. Au point de vue de leur origine, l'on sait que les purines proviennent de deux sources : 1^o une source endogène représentée par les nucléoprotéides des tissus ; 2^o une source exogène représentée par les nucléoprotéïdes alimentaires.

D'après les recherches de MILLOR (1923) les pigments puriques, tels qu'ils s'accumulent dans les cellules chargées en guanine, sont essentiellement d'origine endogène.

III) Les Mélanophores.

Les mélanophores sont mieux connus histologiquement, parce qu'ils résistent à toutes les manipulations des techniques courantes. Ils sont localisés dans la peau d'Anguille sous la membrane basale ; près d'eux, on observe cellules jaunes et guanophores. On en trouve encore dans les régions conjonctives du derme, dans les tractus conjonctifs qui s'insinuent dans le tissu adipeux, et aussi entre le tissu adipeux et les muscles qui sont revêtus d'un véritable stratum argenteum.

Les mélanophores contiennent le pigment mélanique qui est une matière colorante brune déposée dans des granules pigmentaires sphériques, très

petites, sensiblement semblables, possédant la propriété de réfracter et d'interférer la lumière.

Un mélanophore se présente sous la forme d'un élément étoilé pourvu de chromorhises et sous la dépendance du système nerveux et présente des phénomènes d'expansion et de contraction. Les mélanophores peuvent atteindre de grandes dimensions 100 à 150 μ . Ils sont plurinucléés (2, 4 ou 5 noyaux). Les noyaux sont arrondis, généralement situés dans le centre du chromatophore ou à la base des chromorhises quand la cellule est en expansion. La substance pigmentaire est très abondante et la dépigmentation ne laisse subsister aucun substratum à la place des graines de mélanine, comme Murisier l'a décrit dans les chromatophores de *Salmo lacustris*. Les granules pigmentaires que la mélanine présente sur une coupe, paraissent plus clairs au centre et ont une couleur d'un brun noir.

Le mélanophore est susceptible d'avoir des variations, à cause des modifications physiques et chimiques du milieu dans lequel est placé l'animal ; son aspect étoilé passe à celui d'un disque noir à bords entiers dont le diamètre est inférieur à celui de l'étoile. Ce disque, en coupe, présente la forme d'une lentille biconvexe dont la face supérieure est accolée à la membrane basale de l'épiderme.

Donc, la substance pigmentaire que le chromatophore contient peut être dispersée dans les prolongements réalisant l'état d'expansion ou au contraire

s'accumuler en une masse dense, ponctiforme, c'est-à-dire la rétraction.

Dans le premier cas, la densité du pigment est plus faible que dans le deuxième, et c'est grâce à cette expansion et rétraction des différents pigments que la couleur des animaux étudiés se modifient considérablement. Pour expliquer le déplacement du pigment, diverses théories ont été données : KAHN et LIEBEN (1907) admettent l'existence de mouvements propres des grains de pigment ; FRANTZ (1908) dit que les chromorhyses ont une forme déterminée et invariable. Ils sont soutenus par un véritable squelette interne, sous forme de fibrilles différenciées dans le cytoplasma. KEEBLE et GAMBLE disent que ce sont de véritables courants où circulent ces granules déterminés par des modifications de la turgescence de la partie centrale de la cellule. BALLOVITZ (1914) propose une hypothèse d'après laquelle il existerait dans les cellules pigmentaires de fins canaux à parois très contractiles. SCHMIDT (1917) croit que les cellules pigmentaires restent immobiles et que dans la contraction leurs prolongements demeurent étendus et fixés, vides de pigment.

Il y a donc un courant pigmentaire provoqué par des différences de pression de la sphère centrale qui se traduit par la migration centrifuge ou centripète des granules pigmentaires le long des cordeaux axiaux pour lesquels ces granules ont une certaine adhésivité.

D'autres auteurs, comme CARNOT, NÈGRE, GOLOVINE, HOLMES, admettent la théorie amiboïde, c'est-à-dire que si l'on examine sur une même chromatocyte à des périodes d'expansion successives, bien souvent, les chromorhyses ont des formes et des aspects assez différents, ce qui s'explique fort bien dans le cas où l'on admet une rétraction de toute la cellule.

Murisier pense que « la contraction d'un mélanophore ne fait que traduire un arrêt de nutrition sous une influence nerveuse. L'état d'expansion est l'état normal de la cellule pigmentaire, c'est lui qui favorise l'élaboration du pigment. La contraction est au contraire la cessation de l'état normal. La nutrition de la cellule se fait par son centre ; la rupture de l'équilibre osmotique produit en ce centre une condensation hyaloplasme qui contient le pigment. Cette condensation disparaît quand l'osmose normale se rétablit. »

C'est-à-dire à l'état d'expansion la mélanine distend les branches et à l'état de contraction c'est le corps cellulaire qui est distendu par le pigment. Les branches vides ne conservent pas la forme qu'elles avaient à l'état d'expansion.

Nous pensons que la cellule pigmentaire est une cellule amiboïde qui contient dans son intérieur des fibres radiales qui aboutissent au centre de la cellule. Ces fibres ont la même constitution que les fibres conjonctives, mais les filaments élastiques dominent ici. Nous essaierons d'expliquer le méca-

nisme en faisant une comparaison entre la cellule pigmentaire et l'Amibe. Comme chez l'Amibe, nous appelons le protoplasme extérieur et transparent, ectoplasme, et le protoplasme interne rempli de granulations pigmentaires, endoplasme. Le mouvement des granules est passif parce que l'endoplasme qui contient les granules a un mouvement qui est le résultat de la contraction d'ectoplasme qui seul est capable de se mouvoir. Dans la période d'expansion, la cellule pigmentaire a une forme presque ronde et l'ectoplasme est réduit à une couche très mince. Dans la contraction de la cellule l'ectoplasme presse les granules pigmentaires qui sont rangés autour des rayons conjonctifs décrits plus haut ; les granules sont refoulés à l'intérieur et le chromatophore semble se contracter. La contraction est l'état normal de la cellule contrairement à l'opinion de MURISSIER.

*Constitution chimique
et origine du pigment mélanique.*

La composition qualitative des mélanines est moins bien connue. CORTNER et PIETTRE croient que les mélanines sont constituées par un groupe albuminoïde que l'hydrolyse permet d'isoler, et par un noyau pigmentaire plus condensé. Ce noyau est seul extrait par les méthodes chimiques.

Sa couleur, sa résistance aux acides, sa solubilité dans les lessives alcalines, permettent en général de reconnaître les pigments mélaniques.

BERTRAND a montré que si on traite une solution aqueuse de tyrosine par une tyrosinase, on obtient au bout d'un temps variable, une série de colorations et il se forme un précipité noir au fond du tube. Ce précipité a les caractères physiques de la mélanine. Grâce à ces découvertes, quelques auteurs ont étudié *in vitro* les conditions et les modes d'action de la tyrosinase, tandis que d'autres ont vérifié *in vivo*.

Le schéma de Bertrand repris par Prenant, donne une idée de la marche des phénomènes :

Couple catalytique.....	(	complémentaire actif,
		substance pigmentative, fer,
	(	complémentaires activantes,
		substance pigmentante, tyrosinase.

plus oxygène, plus accepteur produit d'oxydation avec condensation moléculaire, c'est-à-dire pigmentation mélanique.

Prenant a fourni expérimentalement aux animaux vivants un accepteur voisin comme composition chimique, de la benzidine, utilisée dans la réaction de peroxydases. Il a obtenu dans ces conditions, la formation de pigment variant du brun rouge au violet. Benzidine utilisée est au moins deux fonctions amines ou phénols, directement fixés à un noyau aromatique en ortho ou en para.

Ces faits sont intéressants en raison de ce que les ortho et les di-phénols peuvent être considérés comme des aboutissants fréquents du métabolisme

des protéiques, par transformation de la tyrosinase ou de la phénylalanine.

La tyrosinase a été mise en évidence chez un grand nombre d'animaux pigmentés. L'accepteur a été isolé dans quelques cas par des procédés chimiques.

En ce qui concerne les chromogènes analogues à ceux observés *in vitro*, on a admis que c'étaient les produits de régression de l'hémoglobine qui, chez les vertébrés, donnent naissance à la mélanine.

Conditions nécessaires à la mélanogénèse « in vitro ».

D'après FAUSEK (1898) pour les Mollusques et Mlle ASDAUROVA (1913) pour les œufs de Batraciens, l'oxygène est indispensable pour la mélanogénèse.

VERNE remarque que l'apparition superficielle de la mélanine dans les téguments des Crustacés, est en rapport avec le voisinage presque immédiat de l'air atmosphérique, ou de l'air dissous dans l'eau. Dans notre cas, nous avons vu qu'il faut chercher l'optimum de pigmentation dans une eau qui contient 6 mgr. d'oxygène par litre. C'est dans ce cas là seulement qu'on voit les cellules migratrices pigmentaires gagnant la surface de la peau. La quantité d'oxygène indiquée plus haut est un excitant, grâce auquel ces cellules pigmentaires doivent être considérées comme des cellules à fonctions respiratoires parce qu'elles partent d'un tissu riche en acide carbonique pour aller dans la région plus

riche en oxygène (le milieu externe). En ce cas, la mélanogénèse commence à être abondante et la Civelle achève en 48 jours la pigmentation mélanique.

Réaction du milieu. — La réaction du milieu a une importance aussi sur l'apparition et la précipitation de la mélanine. Przibram pense que l'alcalinité du milieu suffit à assurer la mélanisation, et cet auteur démontre que les régions claires de la peau d'un cobaye se montrent plus acides que les régions noires.

D'après nos expériences, nous avons constaté que le PH de l'eau qui est l'optimum de la pigmentation des Civelles est 7,6, c'est-à-dire un milieu assez alcalin. Nous croyons que les sels métalliques jouent sans doute un rôle dans la précipitation de la mélanine.

CHAPITRE V

ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DU PIGMENT

Etat de la pigmentation au moment de la montée (jeunes civelles)

La Civelle jeune est très peu pigmentée (stade VB de STRUBBERG). En examinant une coupe transversale, passant par la région hépatique, nous remarquons que les dépôts pigmentaires mélaniques forment une enveloppe interne qui entoure la moelle presque complètement, faisant seulement défaut à la surface de la corde dorsale.

Au même stade, sur une section qui passe par l'œil et la tache céphalique, on voit que le pigment dans l'œil forme deux enveloppes : l'une interne, c'est le pigment rétinien, et l'autre externe, le pigment choroïdien.

Dans la région correspondant à la tache céphalique, beaucoup de pigments mélaniques sont exclusivement dermiques ; on trouve ici un dépôt de pigments plus serrés formant des taches noires. (Voir figure IV.)

Dans la région caudale et sur les flancs, on voit aussi du pigment mélanique, sous la membrane

TABLEAU N° 1.

DÉVELOPPEMENT DU PIGMENT CHEZ LA CIVELLE DE A. STRUBERG

Etat de développement du pigment V. B.	Détails des différents stades Pas de pigment dorsal sur le corps ou la queue (Seulement la tache caudale)	Phases de développement chez les différents stades. I.	Détails des phases du développement chez les différents stades Il n'a que la tache cérébrale et le pigment rostral
VI A ₁	Pigment dorsal développé, pas de pigment médiolatéral.	1	Le pigment est en formation sur tout le long du bord dorsal. Le pigment Dorsolatéral se développe sur la région postanale le long des myosepta. Pas de pigment médiolatéral distinct. Fig. 1.
VI A ₂	Développement distinct du pigment médiolatéral sur la région postanale.	1	Progrès marqué du pigment médiolatéral sur la moitié postérieure de la queue.
		2	Le pigment médiolatéral arrive jusqu'au milieu de la queue.
		3	<i>Idem</i> avançant sur la partie antérieure de la queue mais ne dépassant pas l'anus. Le pigment dorsolatéral se développe sur la région préanale. Le pigment ventro-latéral apparaît derrière l'anus près du bout de la queue où l'on peut constater un commencement de dédoublement des séries myoséptales sur la partie dorsolatérale ainsi que le développement du pigment intermyoséptal.
VI A ₃	Développement distinct du pigment médiolatéral sur	4	Le pigment médiolatéral dépasse l'anus. Fig. 2.
		1	Le pigment médiolatéral arrive jusqu'au dessous du commencement de la nageoire dorsale.
	Pas de pigment ventrolatéral préanale.	2	<i>Idem</i> arrive jusqu'au dessus du foie. On peut toujours distinguer toute la longueur derrière

Idem dépasse les nageoires pectorales. Il y a peu ou pas de pigment ventro-latéral en avant de l'anus.

3					
1					On constate nettement la présence de pigment ventrolatéral sur la partie préanale du corps sous forme de chromatophores dispersés sous la ligne médolatérale, sur la partie postanale a augmenté et se trouve disposé le long des myosepta. Il y a aussi dédoublement des séries dorsales sur la partie préanale du corps. Fig. 4. Chez quelques individus de ce stade le pigment commence à se développer sur les nageoires pectorales, sur la partie proximale de la mâchoire inférieure, ainsi que derrière et en-dessous de l'œil.
2			Développement distinct du pigment ventrolatéral sur la région préanale.		Le pigment ventrolatéral sur la partie postérieure de la région préanale du corps est disposé le long des myosepta. Le dédoublement de la pigmentation myoseptale s'accroît ainsi que chez le pigment intermyoseptal dorsalement et sur la région préanale aussi ventralement. Fig. 5.
3					Le pigment ventrolatéral développé sur tout le long des myosepta sur la région préanale mais il n'y a pas encore de pigment intermyoseptal dans cette région.
4					Dédoublement net sur la région préanale des séries ventrolatérales des myosepta avec développement simultané du pigment intermyoseptal, qui se trouve maintenant en croissance. Fig. 6.
1			La disposition du pigment d'après les myosepta commence à devenir peu distincte soit dorsalement que ventralement.		La disposition le long de la ligne latérale et les myosepta est encore visible mais elle est plus nette sur la région postérieure de la queue. A part cela elle est diffuse. Fig. 7. Pigmentation distincte sur la tête, derrière et en dessous de l'œil ainsi que sur tout le long de la mâchoire inférieure. Les nageoires pectorales sont nettement pigmentées.
	VI A ₄	La plus grande partie du pigment est disposée le long des Myosepta.			
	VI B.				

basale, mais peu abondant, comme celui qui est localisé dans la tache céphalique ; c'est le pigment

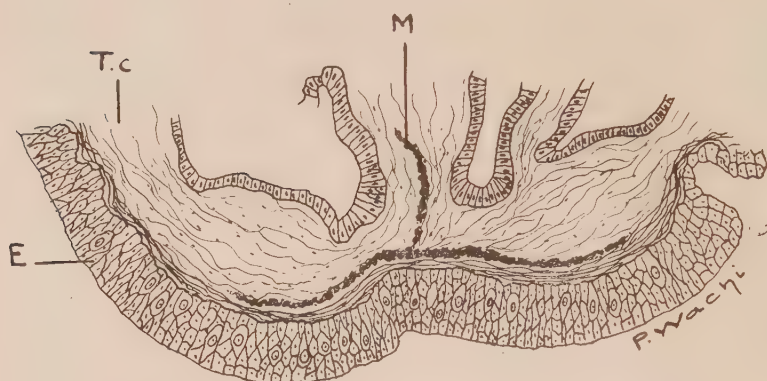


FIG. 4. — Coupe passant au niveau de la tache céphalique.

Ml = Mélanophore.

E = Epiderme.

Tc = Tissu conjonctif $\times 80$.

qui provient de la tache caudale. Dans le reste du corps, le pigment n'existe pas ; l'épiderme est transparent et n'en renferme pas (Voir figure V).

Au stade VIAI de STRUBBERG, le pigment commence à se former dans la partie supérieure du corps et, sur une section faite chez la Civelles au niveau de la région hépatique, on voit deux enveloppes concentriques formées par le pigment mélanique. La première, externe, cutanée, localisée sous la membrane basale et seulement du côté dorsal, la seconde interne, incomplète qui entoure la moelle, sauf sur la surface de la corde et se continue un peu sur la surface du péritoine.

En ce qui concerne le pigment jaune et les dépôts

de guanine, on ne les trouve à ce stade que dans la choroïde de l'œil.

Au stade VIA2 de STRUBBERG, le pigment commence à évoluer et est nettement marqué.

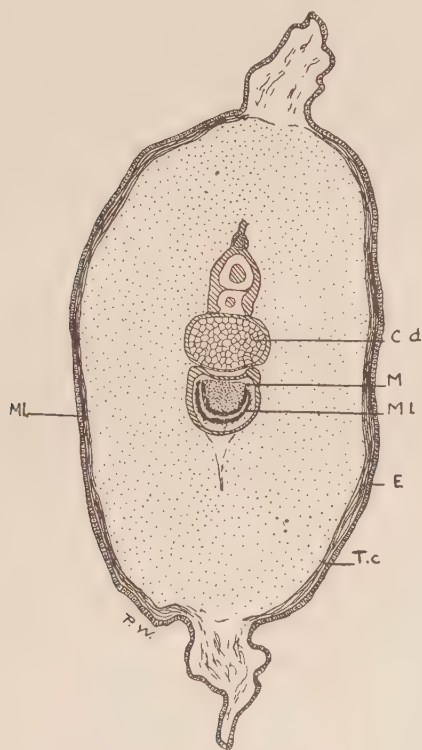


FIG. 5. — Coupe passant au niveau de la région caudale.

ML = Mélanophore.

E = Epiderme.

Tc = Tissu conjonctif.

M = Moelle

Cd = Corde dorsale $\times 80$.

En partant du stade VIA3 de STRUBBERG, nous pouvons voir très distinctement une enveloppe mélanique cutanée périneurale, périécélotique et

périvasculaire. Il faut ajouter aussi quelques dépôts mélaniques des organes lymphatiques et des quelques organes lymphoïdes.

Il est intéressant de remarquer qu'à ce stade (VIA3) on observe une couche presque continue dans le derme sous la membrane basale et nous trouvons aussi du pigment noir entre les diverses cellules de l'épiderme.

Ce sont des cellules pigmentaires d'origine leucocytaire qui s'éliminent vers l'extérieur, tandis qu'on ne voit pas les vrais mélanophores d'origine mésenchymateuse émigrer dans l'épaisseur de l'épiderme ; ce rôle est réservé seulement aux cellules pigmentaires d'origine leucocytaire.

On observe d'ailleurs une différence marquée car les grains de mélanine qui appartiennent aux vrais mélanophores sont de même dimension, tandis que les leucocytes pigmentifère contiennent des granules de mélanine de taille inégale (Voir figure VI).

Après la pigmentation, lorsque le phénomène de réduction est achevé, c'est-à-dire après le stade VIB de STRUBBERG, on voit que les cellules pigmentaires migratrices que nous avons trouvées d'abord dans l'épiderme disparaissent et l'épiderme devient apigmenté.

Nous n'insisterons pas sur la répartition du pigment mélanique à l'intérieur de la Civelle (organes internes), parce que notre but est d'étudier la pigmentation de la peau ; mais il nous a paru intéressant de noter cette évolution afin de pouvoir expli-

quer le phénomène de réduction que subit la Cerveille.

A partir du stade VIA4 de STRUBBERG, quand la

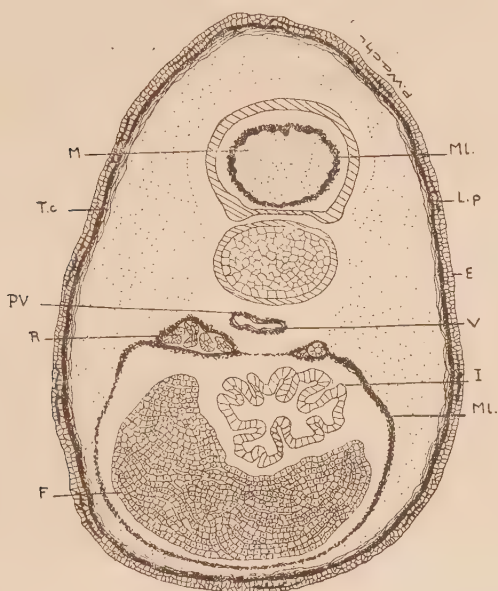


FIG. 6. — Coupe passant au niveau du foie (Stade VIA4 Strubberg).

- Pp* = Pigment périneurale.
- Tc* = Tissu conjonctif.
- Pc* = Pigment péricelomatique.
- Pv* = Pigment périvasculaire.
- V* = Vaisseau sanguin.
- R* = Rein.
- F* = Foie.
- I* = Intestin.
- M* = Moelle.
- Ml* = Mélanophore.
- E* = Epiderme.
- Lp* = Leucocyte pigmentaire $\times 120$.

pigmentation mélanique est presque terminée, le pigment jaune commence à apparaître dans la peau. Au début de ce stade on voit que le pigment jaune

(qui est un carotène soluble dans les corps gras) est accolé aux mélanophores. C'est pour cette raison qu'on ne peut le voir par transparence dans les corps des Civelles, que lorsque le mélanophore est contracté. Quand le mélanophore est en expansion, la cellule qui représente le pigment jaune est caché sous ce mélanophore.

Plus tard, après 70 jours de ce stade (VB de Strubberg) les cellules jaunes forment dans le derme de la peau un réseau assez régulier, dont les mailles sont occupées par les mélanophores étoilés (Voir planche I).

Cette disposition réticulaire du pigment jaune commence après 80 jours du stade VB ; elle est moins régulière : les nœuds du réseau, particulièrement se colorent plus intensément que les travées.

Nous croyons que l'apparition du pigment jaune coïncide avec l'accroissement de l'individu et la fin de l'état de dénutrition générale que nous considérons comme un état physiologique. Au début de ce terme, la teneur en graisse et en lipoides de l'organisme commence à augmenter d'une façon appréciable et la cellule pigmentaire jaune, dont le substratum est de nature lipoïdique, commence à trouver dans l'organisme les substances grasses nécessaires à sa nutrition.

A la fin du stade VIA4 de STRUBBERG et au commencement du stade VI_B, on voit distinctement les masses de guanine qui forment une enveloppe cristalline. Ces dépôts revêtent l'encéphale, la moelle

épineière, les parois de la cavité célomique et finalement se localisent dans le derme.

Les mélanophores, les guanophores et les cellules jaunes se trouvent dans la peau de la région ventrale de l'Anguille jaune, argentée et de la Civelles arrivée au stade VIB de STRUBBERG. Mais on les trouve le plus souvent dans la peau de la région dorsale de l'Anguille ; il arrive que les mélanophores manquent dans la région ventrale. Dans la peau (c'est-à-dire immédiatement sous la membrane basale) les cellules jaunes sont les plus superficielles, au-dessous d'elles se trouvent les guanophores et les mélanophores qui forment une assise profonde. Jamais, nous l'avons vu, une anastomose parfaite, entre un guanophore et un mélanophore (le guanophore contient en son centre un mélanophore) ; cette anastomose a été décrite par divers auteurs pour d'autres poissons. Nous avons vu seulement le pigment jaune en connection intime avec le mélanophore.

Quelquefois, exceptionnellement, il existe uniquement des guanophores dans la peau ventrale (Anguille, surtout chez l'Anguille argentée). D'autres fois, nous avons vu un mélanisme exagéré (abondance exceptionnelle du pigment noir) et parfois une abondance considérable de pigment jaune qui envahit le pigment noir.

Leur répartition générale est exactement la même que celle du pigment mélanique, mais l'ordre d'apparition est différent : c'est le pigment mélanique

qui se forme le premier et plus tard apparaît la guanine.

Les cellules à guanine des Civelles proviennent parfois d'une cellule initiale qui commence à se ramifier et se charger de grains ; on voit encore brusquement l'aspect d'une couronne autour du noyau. La pigmentation purique est assez régulière, se fait d'avant en arrière, sans montrer une disposition métamérisée comparable à celle qui existe chez les mélanophores (Voir planche I.)

Comme nous l'avons fait remarquer, les premières cellules à guanine se trouvent dans l'œil et à la face interne de l'opercule. Dans le péritoine les guano-phores forment un réseau très épais que l'on peut observer par transparence chez les Civelles vivantes et anesthésiées au moment du stade VIB de Struberg.

**La pigmentation chez l'Anguille jaune
et au moment de la maturité sexuelle
(Anguille argentée).**

On sait, d'après les travaux de GRASSI, que chez les Anguilles jaunes de 28 à 32 centimètres, l'organe de SYRSKI représente dans certains cas le testicule, dans d'autres cas une glande sexuelle non différenciée et qui sera plus tard transformée en ovaire ou testicule. On croit que cette transformation en organe mâle ou femelle est influencée par l'alimentation et la température de l'eau.

Beaucoup d'individus sont hermaphrodites et après quelques temps se transforment en mâles ou femelles. GRASSI a vu des individus avec ovaires et canaux déférents. PFLUGER a décrit, chez *Rana temporaria*, des individus mâles, femelles et hermaphrodites ; ces derniers pouvant devenir mâles ou femelles. On assiste ici à une dégénération des ovocytes et une régénération des spermatocytes ou inversement.

Mais lorsqu'il s'agit d'Anguilles argentées on remarque une différence de taille et les sexes sont très nettement distincts. Le mâle, d'après GANDOLFI-HORNYOLD, ne dépasse pas 51 centimètres, tandis que la femelle peut atteindre une longueur de plus d'un mètre. Par contre, le mâle atteint la maturité sexuelle avant la femelle et est de taille bien inférieure.

L'Anguille jaune, au moment de la différenciation sexuelle, présente des longueurs très différentes, les unes ont 15 centimètres, les autres dépassent 30 centimètres. GANDOLFI-HORNYOLD a rencontré assez souvent des Anguilles de taille supérieure à 30 centimètres ayant les organes sexuels encore sous forme de bandes très fines, sans trace de lobes ou de plissements ; ces individus étant encore hermaphrodites et pouvant se différencier en faveur de l'un ou l'autre sexe.

Pigment et sexualité.

Au moment de la période sexuelle, on sait que la couleur des poissons, et particulièrement des mâles, est généralement très accentuée ; ils revêtent alors leur parure de noces.

On sait aussi que la sexualité joue un rôle important dans le phénomène de la pigmentation : en général, on observe une différence entre les deux sexes d'une même espèce. Cet aspect se traduit extérieurement par le dimorphisme sexuel qui est pris comme caractère sexuel secondaire.

BARRET-HAMILTON (1902) considère la parure de noces des poissons en rapport avec la suractivité des glandes génitales.

KOPEC (1918) admet que l'apparition de la livrée nuptiale du mâle est due à l'action du liquide séminal, tandis que BOUIN et ANCEL l'ont attribuée à la sécrétion de la glande interstitielle du testicule.

COURRIER (1922), tenant compte du déterminisme de la pigmentation, ne peut affirmer encore le rôle de la glande interstitielle chez l'Épinoche.

D'après CHAMPY (1922), l'apparition de la parure de noces correspond à la maturité des spermatozoïdes, et cet auteur ne croit pas à l'action d'une glande interstitielle.

ARON (1924) soutient la théorie générale de la glande interstitielle sur les caractères sexuels, et ce que CHAMPY attribue à l'action des spermatozoïdes

mûrs, ARON l'attribue à la sécrétion d'amas endocri-niens formés à la suite du rejet des spermatozoïdes.

VERNE voit dans la pigmentation nuptiale la conséquence d'un trouble du métabolisme lié aux processus chimiques qui accompagnent la maturation des spermatozoïdes.

Il s'agit d'un métabolisme endogène, du fait que le métabolisme dans les deux sexes se traduit par des évolutions variées, les processus pigmentaires sont aussi variés. Et Verne considère que le métabolisme, qui est peu sensible aux différents aliments, ou hormones introduits expérimentalement, dépend directement de la sexualité qui influence le métabolisme d'un animal.

Dans le cas qui nous intéresse, c'est-à-dire en ce qui concerne l'Anguille jaune et l'Anguille argentée l'examen microscopique de fragments de peau analogues, pris au même endroit, nous montre une différence : cela, parce que la première est à l'état de repos sexuel, tandis que la seconde est à l'état d'activité sexuelle.

Mais il est intéressant de signaler qu'aucun pigment nouveau n'est apparu chez l'Anguille argentée, les cellules pigmentaires restent les mêmes. C'est le nombre des chromatophores des diverses catégories qui a changé.

On voit que les mélanophores et le pigment jaune ont diminué chez l'Anguille argentée, ils sont envahis par des cellules à guanine, c'est ce qui

explique pourquoi ces animaux brillent. Elles se préparent à la ponte prochaine et revêtent une livrée de noces, ceci annonce la future élaboration sexuelle.

Quelle est la cause de cette surproduction de pigment purique ?

On sait que ces pigments se produisent à la suite de l'intensité d'élaboration et de la désintégration des nucléo-protéïdes. Or, dans notre cas, nous assistons à une accélération de ce phénomène en relation avec la ponte prochaine de l'animal.

Quoique le pigment purique ne soit pas de même nature que le pigment mélanique et le pigment jaune, on a vu que pendant la pigmentation de la Civelle, il existe des relations topographiques et physiologiques entre ces trois pigments.

Nos expériences nous ont permis de démontrer qu'il existe un équilibre entre le pigment mélanique et le pigment purique, la diminution de l'un entraîne l'augmentation de l'autre.

Ceci explique que les Civelles, en état de pigmentation, élevées à la lumière vive et sur fond blanc présentent beaucoup plus de guanophores que de mélanophores. Dans ce cas, la lumière agit indirectement sur le métabolisme général de l'animal et a une action sur la mélanine, le pigment purique et les carotinoïdes endogènes.

Mais cette action ne semble pas en rapport avec la nourriture des Civelles ; dans nos expériences, nous avons vu que l'alimentation ne jouait aucun rôle.

Dans le cas de l'Anguille argentée, nous croyons que les hormones secrétées par les glandes génitales ont une influence sur le métabolisme général et de ce fait, sur la pigmentation qui est modifiée ; grâce à cela, la désintégration des nucloprotéides est plus grande, et nous avons un excès de pigments puriques.

KOPEC, chez le Vairon, COURRIER chez l'Épinoche, ont tenu compte du déterminisme complexe de la pigmentation et ont constaté que le mâle revêtait seul la parure de noces la femelle ne subissant aucune modification.

Chez d'autres poissons, les Ciprinides en général, sauf toutefois quelques exceptions, divers auteurs décrivent la parure de noces seulement chez le mâle.

Chez l'Anguille, à l'état d'élaboration sexuelle nous avons constaté la même coloration chez les deux sexes.

Mais dans le cas de l'Anguille argentée, il est bien difficile d'affirmer qu'elle est en état d'élaboration sexuelle lorsqu'elle entre dans l'eau de mer pour la ponte prochaine, puisqu'on sait que le rendez-vous pour la ponte a lieu près de la mer de Sargasses et des Bermudes. Or, aucun naturaliste n'a pu suivre les individus des deux sexes jusque-là pour contrôler leur parure de noces.

On suppose que l'argenture qui caractérise l'Anguille argentée au début de son élaboration sexuelle change peut-être au moment de la fécondation ; on

ne doit donc pas prendre l'argenture observée chez les deux sexes pour un caractère sexuel secondaire.

D'après MURISIER, les guanophores servent à extraire la guanine du milieu interne de l'animal ou bien, fabriquent seuls cette guanine (action endogène et exogène) ; leur rôle serait de défendre l'organisme contre une lumière trop vive.

Nous avons observé, chez nos Civelles exposées à la lumière, que le nombre des guanophores était considérablement augmenté, c'est-à-dire que le réflexe trophique qui règle le métabolisme général, part de la rétine et est conduit par le nerf sympathique. Dans le cas de l'Anguille adulte en état d'élaboration sexuelle, nous pensons que le réflexe trophique qui entraîne une surproduction de guanine est dû à une activité sexuelle.

Deux faits particulièrement sont à remarquer :

1^o La quantité de guanine, qui, chez l'Anguille argentée est supérieure, indique une bonne nutrition, c'est-à-dire une intensité de l'élaboration et de désintégration des nucléo-protéides.

Il est facile de contrôler dans la nature que toutes les Anguilles, au moment où elles pénètrent dans la mer pour pondre, sont très grosses et en très bon état.

2^o A ce moment-là, les Anguilles argentées ne mangent pas.

On constate ici, comme chez le Saumon, que les animaux ont de l'embonpoint au moment de leur

entrée dans la mer. Cela est nécessaire, puisque l'Anguille doit dépenser beaucoup de forces et de plus élaborer les produits sexuels.

On suppose que cette élaboration dure presque un an : pendant ce temps, l'Anguille comme le Saumon, privée d'une alimentation suffisante et réparatrice, élabore des produits d'excrétion pigmentés qui apparaissent dans sa peau et peuvent modifier son aspect.

CHAPITRE VI

APPARITION DES MÉLANOPHORES ET PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX DE RÉDUCTION

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'apparition des mélanophores coïncide avec une réduction du poids et de la longueur des Civelles. Il y a là un état de dénutrition générale qui ne doit pas être considéré comme un état pathologique mais un état physiologique caractérisé par les phénomènes suivants :

1^o Erythrophagocytose ;

2^o Apparition de tissus lymphoïdes dans les divers organes.

3^o Apparition des cellules pigmentaires mésenchymateuses et des leucocytes pigmentifères dans les divers organes.

4^o Diminution des graisses dans tout l'organisme.

5^o Hydratation appréciable dans tous les tissus.

Nous étudierons en détail ces divers phénomènes en insistant particulièrement sur nos observations personnelles. Notre travail porte sur les organes formés d'un tissu lymphoïde diffus peu développé, mais normal. Nous exceptons les véritables organes lymphoïdes.

Modifications du sang.

Nous avons étudié ces modifications sur du sang frais fixé et sur des tissus hématopoiétiques après fixation.

Dans le premier cas, nous avons travaillé sur du sang frais après dessication et aussi sur du sang fixé par les vapeurs osmiques ou par des mélanges coagulants.

Dans le second cas, nous avons employé la méthode des empreintes et la méthode des inclusions à la paraffine. Les frottis ont été traités par la méthode Panoptique : fixation par May Grunwald, puis coloration au Giemsa dilué. Les tissus destinés aux coupes ont été fixés au HELLY, inclus dans la paraffine et colorés au Giemsa acétique.

Les diverses méthodes, frottis et coupes, nous ont permis de mettre en évidence les cellules sanguines.

En examinant de jeunes Civelles au commencement de la période de réduction (stade VI A3 de Strubberg), nous avons vu une oligocytémie très prononcée (globules rouges) tandis que le nombre des leucocytes est un peu augmenté.

De plus, beaucoup de globules présentent des aspects anormaux ; ils apparaissent munis d'un prolongement irrégulier, et on trouve, dans la préparation, des globules extrêmement petits. On assiste ici à une poikilocytose. Cette déformation est moins apparente sur le sang desséché.

On remarque que les déformations sont moindres sur les préparations fixées sans dessiccation préalable par les vapeurs osmiques. On y trouve des microcytes, des macrocytes et des globules rouges avec des granulations basophiles.

En traitant par les éosinates d'azur (Giemsa) les granulations basophiles, des hématies se colorent en bleu et non en rouge violacé comme les noyaux.

Nous avons vu aussi des granulations azurophiles qui se colorent comme les noyaux et nous les considérons comme des restes nucléaires chromatiques, provenant de la fragmentation du noyau de l'hématie.

On peut observer aussi, et surtout dans les vaisseaux de la rate et du rein, de jeunes cellules qui caractérisent le tissu lymphoïde, des hématies primordiales (hémocytoblaste). On trouve aussi des leucocytes dégénérés et phagocytés dans les cellules endothéliales vasculaires et toutes les phases de passage entre ces cellules et les phagocytes (leucocytes mononucléaires).

Lorsque les hématies sont incorporées dans le cytoplasme, nous assistons au dernier terme de l'évolution : le passage à l'état de leucocytes pigmentifères (leucocytes pigmentés).

Nous avons trouvé des leucocytes neutrophiles et quelques éosinophiles, mais seulement dans les premiers stades, car au fur et à mesure de la pigmentation et de la réduction, on voit des leucocytes à granulations azurophiles et des mastzellen. Ceux-ci

à granulations basophiles se colorent électivement par des couleurs d'aniline.

Nous assistons dans le sang à un phénomène d'érythrophagocitose et à l'apparition de leucocytes pigmentifères.

Modifications dans le foie.

La structure du foie de l'Anguille normale montre des cellules hépatiques disposées en tubes, la lumière étant dirigée vers les canalicules biliaires.

Entourés et en contact avec les capillaires sanguins, ils n'en sont séparés que par un endothélium ; à l'intérieur des cellules hépatiques, on trouve de nombreux granules.

Chez les anguilles normales le tissu lymphoïde est très rare dans le foie.

Si l'on examine les Civelles au moment du processus de pigmentation et de réduction, on trouve une structure du foie différente :

Les cellules hépatiques sont très petites et vacuolisées. Les fixations osmiques ont mis en évidence de fines gouttelettes de graisse. Ce sont vraisemblablement ces gouttelettes qui occupaient les vacuoles.

Les noyaux de ces cellules, très petits, sont irréguliers et difficilement colorables par les colorants usuels.

Dans les capillaires sanguins et dans les vaisseaux,

on trouve beaucoup d'hématies, les canicules biliaires sont très étroits.

Beaucoup de globules rouges sortent des capillaires et on les retrouve dans le parenchyme ; parallèlement, le nombre des globules blancs (lymphocytes mononucléaires) augmente considérablement.

Le protoplasme des hématies ne se colore pas en rose franc par l'éosine, il prend une teinte rosejaune, l'hématie semble altérée. Le noyau est plus ou moins fragmenté.

A un stade plus avancé, on remarque des granulations dans les cellules glandulaires du foie.

Les considérant comme un pigment ferrugineux, nous avons mis le fer en évidence par plusieurs méthodes :

1^o Fixation du foie à l'alcool et inclusion à la paraffine. Les coupes collées sur lames sont traitées par le ferrocyanure de K à 2 %, puis par HCL, 0,5 %, lavage, coloration des noyaux par la safranine et coloration du fond par l'orange G. Nous avons obtenu la réaction du bleu de Prusse caractéristique du fer, ce qui met en évidence l'hémositérine. Pour la recherche microchimique du fer, nous avons employé le procédé de Bunge modifié par Macallum; c'est-à-dire par l'alcool acide, alcool à 95 %, H_2SO_4 4 %. La durée d'action de l'alcool acide a une très grande importance et varie évidemment, suivant que la combinaison dans laquelle ce fer se trouve est plus ou moins stable.

Dans le foie, nous avons trouvé d'autres granules

plus petits ne contenant pas de fer, c'est l'hémotoïdine. En traitant par NO^3H fumant, on a obtenu la coloration verte, virant au bleu et au jaune. L'oxyhémoglobine contenue dans les hématies perd sa globuline et son fer et se transforme en hématoïdine que l'on a identifiée à la bilirubine. On trouve aussi des leucocytes pigmentifères. En résumé, nous assistons à une accumulation de nombreuses granulations pigmentaires à l'intérieur de la cellule hépatique. Elles sont d'abord jaunes, puis vertes, puis enfin noires.

Ce pigment noir identifié à la mélanine est le dernier terme de la transformation de l'hémoglobine en hémosidérine, puis en hématoïdine, pour aboutir enfin au pigment mélanique.

Ce pigment est accumulé, soit dans les cellules glandulaires, soit dans les espaces intercellulaires, soit dans les leucocytes. Primitivement, ce sont des globules rouges qui ont été englobées et transformées par la cellule glandulaire hépatique en pigment noir.

Parallèlement à ces faits, il se produit une érythrophagocytose car les hématies dont nous venons de parler et qui sortent des capillaires, sont phagocytées par les leucocytes mononucléaires.

Ces leucocytes pigmentifères contiennent des granulations de grandeur variable, jaunes puis vertes et enfin noires. Nous les considérons comme terme de la transformation de l'oxyhémoglobine en hémosidérine, hématoïdine et pigment mélanique.

Le noyau des pigmentifères présente des déformations dues aux granulations groupées dans le cytoplasme et arrivent à le masquer complètement. On trouve encore des amas de ces mélanophores qui sont en somme un syncytium de leucocyte rempli de pigment. Le pigment brun de ces leucocytes modifiés présente toutes les réactions de la mélanine, c'est pourquoi je les ai dénommés les mélanophores.

La teneur du foie en graisses et en lipoïdes diminue d'une façon assez appréciable au cours de la pigmentation et de la réduction.

Nous avons fixé notre matériel selon la méthode de DIETRICH-PARAT, avec post-chromisation à 37° pendant 48 heures puis coloré à l'hématoxyline de RULTCHIZKYS 24 heures, avec différenciation par le borax ferricyanure. D'autre part, des coupes à la congélation ont été traitées par le Soudan III et par la technique de FISCHLER.

Dans tous les cas ces gouttelettes de graisse diminuent au fur et à mesure de la pigmentation.

Nous pensons que c'est là un phénomène purement physiologique et que ces gouttes de graisse sont destinées à la nourriture des tissus, on ne doit donc pas considérer le phénomène comme une dégénérescence grasseuse du foie.

Glycogène dans le foie.

Pour la mise en évidence du glycogène nous avons employé le carmin de BEST. Les pièces ont été fixées à l'alcool — formol parties égales, incluses à la paraffine — après déparaffinage et collodionnage, elles ont été colorées 5 minutes par le carmin de BEST. On a obtenu la teinte rouge caractéristique. Comme pour les graisses, la teneur en glycogène diminue au cours de la réduction et de la pigmentation.

Des coupes à la congélation ont montré que les vaisseaux sanguins et les capillaires du foie sont dilatés et chargés d'hématies, dont beaucoup sont en voie de destruction. Ces vaisseaux et capillaires contiennent aussi des leucocytes pigmentifères.

Les granulations des pigments que l'on trouve dans ces vaisseaux proviennent certainement des hématies détruites. En résumé, les graisses et le glycogène diminuent, ils servent de substance nutritive aux tissus.

Les vaisseaux sanguins présentent une hyperémie, ils contiennent des hématies en voie de destruction et, corrélativement, une accumulation de pigments hématiques. La cellule hépatique, les espaces intercellulaires, les capillaires, les vaisseaux contiennent de nombreuses granulations pigmentaires mélaniques, qui proviennent des globules rouges. L'hémoglobine de ces globules est détruite

et les termes intermédiaires sont l'hémosidérine et l'hématoïdine.

On trouve aussi des leucocytes pigmentifères qui ont englobé dans leur cytoplasme des granulations pigmentaires de même provenance. Les cellules glandulaires du foie et les leucocytes mononucléaires se chargent de pigment. C'est un processus de formation du pigmentaux dépens des globules rouges.

Le rein.

Le tissu lymphoïde est très répandu dans le rein des Poissons osseux. Chez l'Anguille normale il est bien développé et ne contient en général que des lymphocytes, et nous n'avons jamais vu de phagocytes contenant des globules rouges détruits.

Le tissu lymphoïde de la Civelles nous a montré de nombreux leucocytes pigmentifères ayant englobé beaucoup d'hématies dans leur cytoplasme. Les pigments y sont colorés du jaune au noir, ils représentent la transformation des hématies ingérées.

On constate une dilatation des vaisseaux, les glomérules et la capsule de BOWMANN sont très congestionnés, beaucoup d'hématies sont extravasées.

Les neutrophiles sont abondants, on trouve seulement quelques éosinophiles. On assiste ici au développement exagéré du tissu lymphoïde qui renferme des lymphocytes, des cellules à noyaux polymorphe et des cellules à granulations éosinophiles. C'est un véritable foyer lymphatique qui n'existe

pas à l'état normal et qui contient du pigment sanguin provenant de la phagocytose de globules rouges détruits.

Intestin.

Le tissu lymphoïde est peu développé chez l'Anguille. Il existe surtout dans la portion antérieure de l'intestin et il s'agit seulement de lymphocytes, tandis que chez les autres poissons comme les Séla-ciens, l'organe lymphoïde est très développé dans l'œsophage.

Dans l'intestin des Civelles en voie de pigmentation, nous traitons des modifications assez importantes dans la portion terminale de l'intestin.

L'hépithélium est caractérisé par un manque de colorabilité et les cellules épithéliales et caliciformes sont mal délimitées. Le tissu conjonctif est presque homogène, et la musculature en général émaciée.

Dans les régions conjonctives du derme et dans l'épaisseur de l'épithélium on trouve des lymphocytes et de nombreux leucocytes qui contiennent des fragments de noyaux et de petits fragments rouges qui se colorent par l'éosine.

On trouve aussi ces cellules à la surface de l'épithélium cylindrique de l'intestin. Nous avons encore mis en évidence des leucocytes pigmentifères, soit dans le tissu conjonctif, soit dans l'épithélium cylindrique de l'intestin. Ces cellules sont assez nombreuses dans cet épithélium, elles renferment des hématies et les transforment en son intérieur en

pigment mélanique. Ce sont de véritables leucocytes pigmentiphères migrants que nous avons trouvés dans le foie, le rein, le sang et la peau.

Le tissu conjonctif renferme aussi des mastzellen et des leucocytes neutrophiles. Ce fait mérite d'être signalé; on assiste, ici, à la néoformation d'un tissu lymphoïde assez développé pour fabriquer le pigment mélanique et l'on voit son rôle important dans la phagocytose. Quelques-unes de ces cellules protègent l'organisme contre les éléments nuisibles et ont en même temps un rôle d'excrétion.

Peau.

Nous rappelons que, chez l'Anguille adulte normale, les mélanophores sont localisés sous la membrane basale, dans les régions conjonctives du derme, dans les tractus conjonctifs qui s'insinuent dans le tissu adipeux et les muscles qui sont revêtus d'un véritable *stratum argenteum*.

Contrairement à M. VIRIEUX (1926), qui décrit des cellules pigmentaires ordinaires au sein de l'épiderme de l'Anguille, nous devons dire que nous n'avons jamais rencontré ces éléments chez des individus normaux.

Nous étudierons d'abord les cellules pigmentaires qui élaborent elles-mêmes leur pigment et se sont spécialisées dans cette fonction essentielle, puis les cellules qui élaborent aussi du pigment, mais dont c'est la fonction secondaire; ce pigment est alors

sous forme d'enclaves incluses dans le cytoplasme mais cette élaboration du pigment n'est pas la fonction essentielle, elle n'est que secondaire.

Dans le 1^{er} cas, on a les cellules pigmentaires mésenchymateuses qui sont constantes chez tous les Poissons. L'élaboration de pigment est l'une des modalités de l'activité sécrétrice de ces éléments.

Dans le 2^e cas, on peut citer les œufs et les cellules sensorielles.

En ce qui concerne les cellules pigmentées, nous avons une catégorie de cellules pigmentaires où le pigment est formé sur place comme nous avons vu dans le foie, le rein et le sang des Civelles qui commencent leur pigmentation : les leucocytes phagocytent des globules rouges qui se transforment en pigment mélanique en passant par l'hématoïdine et l'hémosidérine. Nous avons encore trouvé dans les organes des Civelles une autre sorte de cellules pigmentaires où le pigment n'est plus formé sur place, mais simplement phagocyté.

Ce sont des leucocytes chargés de mélanine qui a été phagocyté à cet état. On voit à l'examen microscopique que les grains sont toujours de forme et de dimensions irrégulières.

Dans la peau il y a encore des cellules pigmentaires contenant du pigment dessous, celui-ci étant soluble dans les enclaves, pénètre ainsi dans les cellules. C'est le cas du pigment carotinoïde qui intervient secondairement dans la pigmentation des

cellules adipeuses, celles-ci contenant des enclaves lipoïdiques.

Chez les individus en captivité et vivant dans une eau peu oxygénée, nous avons vu des cellules migratrices dont le prolongement occupait les espaces intercellulaires et gagnait la surface de la peau.

Ces cellules que nous avons considérées comme cellules à fonction respiratoire ayant en même temps un rôle excréteur sont des cellules pigmentées (leucocytes) qui ont phagocyté des globules rouges, les ont transformés en pigment mélanique, ou ont phagocyté de la mélanine déjà élaborée.

Ces cellules pigmentaires (où le pigment est formé sur place ou simplement phagocyté) aident pour le moment l'organisme à se débarrasser des excréta et jouent en même temps un rôle respiratoire, comme nous l'avons démontré plus haut.

Nous devons les considérer aussi comme cellules pigmentaires mélaniques, mais pas spécialisées dans cette fonction comme les cellules pigmentaires mésenchymateuses, ces dernières sont des cellules pigmentaires constantes.

Dans la peau des Civelles qui commencent à se pigmenter, nous trouvons, dans la couche conjonctive et surtout dans l'épaisseur de l'épiderme, des mélanophores provenant des leucocytes qui ont phagocyté les globules de sang transformés en mélanine, ou des leucocytes qui englobent du pigment noir déjà élaboré.

Nous avons mis en évidence de vraies cellules

pigmentaires d'origine mésenchymateuse, mais nous avons vu ces éléments dans les régions conjonctives du derme, dans les tractus conjonctifs et les muscles, mais jamais au sein de l'épiderme. Ces cellules qui traversent l'épiderme jusqu'à la surface, sont des leucocytes chargés de pigment mélanique. Ce sont ces cellules qui éliminent les granules de pigment et qui possèdent un rôle respiratoire, tandis que les vraies cellules pigmentaires n'atteignent jamais la surface de l'épiderme.

Nous avons observé les mêmes faits chez des individus qui vivent dans une eau peu oxygénée et aussi chez les Civelles en voie de pigmentation.

Nous rappelons que le changement du milieu extérieur (oxygène dissous, PH, salinité, température, etc...) a une influence sur leur évolution.

Ce changement se produit lorsque les individus quittent la mer pour pénétrer dans l'eau douce. Ce premier effet de la pigmentation est la réduction de volume. Nous verrons ultérieurement, dans la partie biologique, que le changement du milieu externe a une influence sur le milieu interne ainsi que sur l'hydratation des tissus, parce que cela est en relation avec l'abaissement de la teneur du sang en NaCl. La Civelle pigmentée contient plus d'eau que la Civelle incolore.

Les nouvelles conditions du milieu hâtent la pigmentation et l'organisme subit une modification physiologique intense. Il perd les graisses et il subit une érythrolyse générale. Cela fournit un matériel

aux pigments mélaniques qui, les premiers temps, envahissent l'organisme.

Le nouveau milieu imprime une pigmentation optimum, mais l'organisme doit être aidé par d'autres cellules qui assurent d'abord la pigmentation et aussi l'élimination des excreta ; elles aident l'organisme au point de vue respiratoire. Comme la nutrition générale est très accélérée, on voit apparaître diverses cellules (neutrophiles, éosinophiles, mastzellen, leucocytes, basophiles, etc...) et la formation de vrais organes lymphoïdes dans le foie, le rein, l'intestin, etc...

Toutes ces cellules d'origine sanguine et ces organes lymphoïdes aident l'organisme à se débarrasser des débris dus au phénomène d'érythrolyse générale, que nous voyons très nettement dans tous les organes de la Civelle.

CONCLUSIONS.

Quoique la cellule pigmentaire mélanique soit d'origine mésenchymateuse, comme l'ont démontré CARNOT EHRMAN et PRENANT, nous pouvons affirmer que dans le cas de la pigmentation des Civelles, la présence des leucocytes pigmentifères intervient ; l'état général de l'organisme est influencé par le changement de milieu et entraîne une réduction de poids et de volume. Immédiatement après la fin de la pigmentation, la Civelle commence à grossir et on voit très nettement que les leucocytes pigmentifères

deviennent plus rares ; la majorité des mélanophores est d'origine mésenchymateuse.

En tous cas, on observe que l'afflux des leucocytes pigmentifères est très apparent chez l'animal adulte lorsqu'il vit dans un milieu peu oxygéné ou lorsque la pigmentation et la réduction des Civelles commencent.

Les leucocytes peuvent englober les pigments contenus dans les vrais mélanophores, mais ils ne peuvent agir que sur les mélanophores en dégénérescence.

On peut se convaincre que le pigment englobé a été fabriqué par les mélanophores d'origine mésenchymateuse, puisque dans ces cas, les grains sont informes, tandis que lorsque le pigment est fabriqué par des leucocytes les grains sont de forme et de dimensions variées.

Donc, les leucocytes peuvent se charger de pigment mélanique et le transformer, aux dépens de l'hémoglobine qu'ils contiennent : la forme est différente et ce pigment doit toujours être éliminé.

Jamais les vrais mélanophores ne sont migrants, ce rôle appartient seulement au leucocyte pigmentaire qui a produit un pigment ou qui a englobé des mélanophores en voie de dégénérescence.

Les leucocytes pigmentifères proviennent de l'érythrophagocytose, ils sont chargés de débarrasser les globules rouges hémolysés peut être par une lysine élaborée des organes à sécrétion interne.

Nous pensons que les organes lymphoïdes peuvent retirer de ces globules rouges en voie de destruction les éléments nécessaires à la substance mélanogène.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE

CHAPITRE PREMIER

PHÉNOMÈNES DE RÉDUCTION CHEZ LA CIVELLE

Diminutions de la longueur et du poids par rapport à la longueur et aux poids initiaux.

La longueur et le poids des Civelles sont très variables. GRASSI dit de n'avoir jamais pu obtenir un individu ayant 50 mm. et Schmidt donne comme longueur moyenne de la Civelles 70 mm. ; mais sur les côtes septentrionales de l'Espagne GANDOLFI-HORNOLD rencontre de très grandes Civelles de 88 mm. de long. Les premières civelles commencent à descendre au mois d'octobre, ce sont les plus grandes ; d'après Noël elles sont plus petites. Gandolfi-Hornold compare deux pêches, l'une faite à Arcachon, en janvier 1925, l'autre au même endroit,

en avril 1927. Dans la première, les Civelles ont 72 mm. 47 de longueur et pèsent 0 gr. 340. Dans la seconde, elles ont 66 mm. 68 de longueur et pèsent (poids moyen) 0 gr. 276. La différence de longueur est de 5 mm. 59 et la différence de poids 0 gr. 064. Ce même auteur donne les notes suivantes au sujet de la réduction des Civelles par rapport aux dates :

	Individus	Longueur moyenne	Poids moyen
9 janvier....	400	56 mm. 33	0 gr. 471
25 février.....	335	71 mm. 74	0 gr. 303
	Différence..	4 mm. 59	0 gr. 168

c'est-à-dire qu'après un séjour de 45 jours dans un aquarium dans de bonnes conditions de pigmentation, Gandolfi a eu une réduction de longueur de 4 mm. 59 et une diminution de poids de 0 gr. 168.

Recherches personnelles.

Nous avons capturé nos Civelles d'expérience dans l'Estuaire de la Loire à Nantes, le 23 mars et dans le bassin d'Arcachon le 27 février. Sans faire varier les conditions du milieu ambiant les Civelles ont été gardées dans des aquariums exposés à la lumière diffuse. La température de l'eau douce des aquariums, très peu renouvelée, était en moyenne de 15 à 17°. Dans le premier aquarium, nous avons mis 176 Civelles pêchées à Nantes ; elles étaient au stade VB et VI AI de Strubberg, leur longueur variant de 70 à 82 mm. et leurs poids de 0,27 à

0,53 gr. (on avait comme longueur moyenne 75 mm.02 et comme poids moyen 0 gr. 442).

Dans le second aquarium il y avait 102 Civelles pêchées à Arcachon, au stade VB et VIA1 de Struberg, leur longueur était de 63 à 77 mm. et leur poids de 0,29 à 0,45 gr. (longueur moyenne : 71,04 mm., poids moyen 0,365 gr.) (Voir tableau n° 2).

Au début de l'expérience, nous avons mesuré et pesé toutes les Civelles qui étaient au stade indiqué ci-dessus et non pigmentées. Pour les garder vivantes, les Civelles ont été anesthésiées à l'aide de quelques gouttes d'éther dans l'eau. Action de l'éther sur le pigment étant ici négligeable. Pendant environ dix minutes, nous avons examiné à la loupe (10 grossissements) dans une boîte de Pétri, le stade de pigmentation, et nous avons noté la longueur (mesurée au compas, et le poids (à l'aide d'une petite balance). Nous avons au début de l'expérience 176 Civelles dans le premier bac ; à la fin il y en avait 167. Dans le deuxième bac 102 Civelles au début et 87 à la fin. La différence représente les individus morts ou tués en cours d'expérience. Après 52 jours de séjour dans le bac on a observé chez les Civelles pêchées à Nantes une réduction de longueur de 4 mm. 67 et une diminution de poids de 0 gr. 111 (Voir figure VII graphique) tandis que chez les Civelles d'Arcachon, la réduction était de 3 mm. 74 de longueur et 0 gr. 099 en poids. Nous n'avons pas comme Gondolfi, tué et

fixé les Civelles au formol, pour éviter la rétraction due à ce fixateur, et afin de donner des chiffres tout à fait exacts.

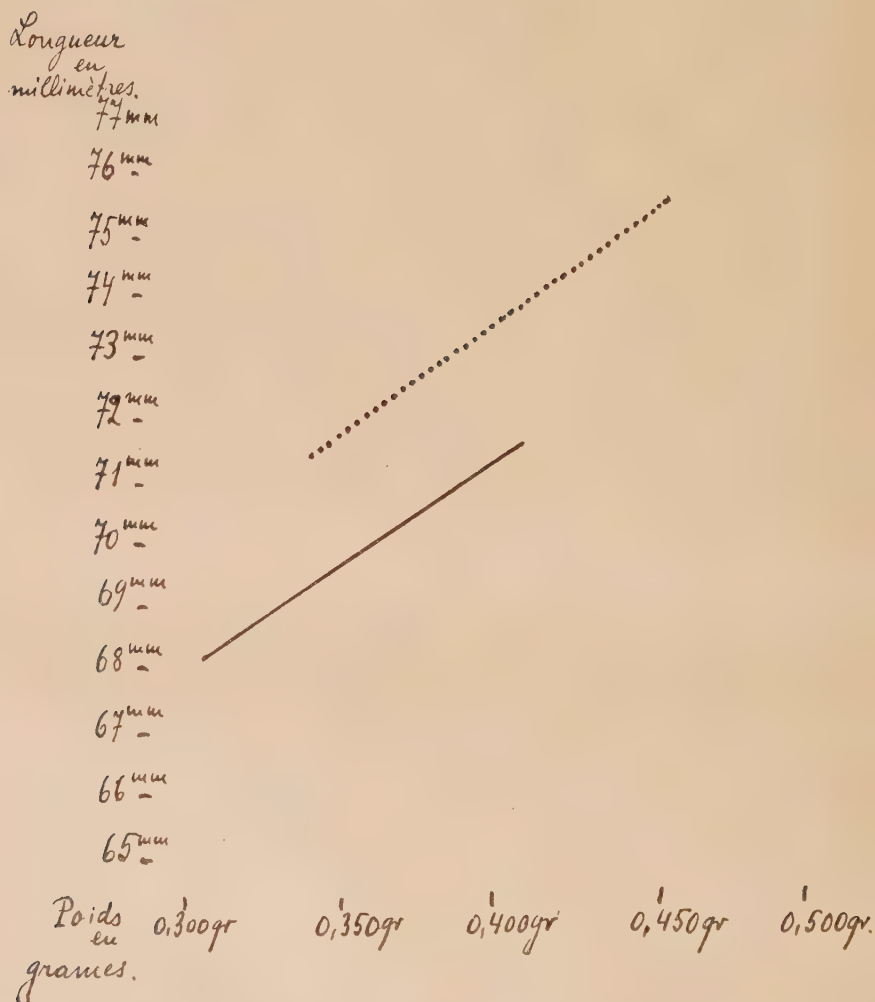


FIG. 7. — Courbes des réductions en poids et en longueur (valeurs moyennes) chez les Civelles [pêchées à Nantes et à Arcachon. Civelles de Nantes (traits pointillés). Civelles d'Arcachon traits pleins)

RÉDUCTIONS EN POIDS ET EN VOLUME CHEZ LES CIVELLES PÊCHÉES A NANTES ET A ARCAÇHON

Longueur des individus	Civelles pêchées à Nantes 23 mars 1929				Civelles pêchées à Arcachon 27 février 1929			
	Avant réduction		Après réduction		Avant réduction		Après réduction	
	Nombre des individus	Poids des individus	Nombre des individus	Poids des individus	Nombre des individus	Poids des individus	Nombre des individus	Poids des individus
82 mm.	2	0,53-0,44						
81 mm.	7	0,52-0,46						
80 mm.	22	0,46-0,41						
79 mm.	9	0,48-0,40						
78 mm.	19	0,48-0,37	4	0,48-0,44				
77 mm.	26	0,46-0,36	6	0,47-0,37	3	0,45-0,36		
76 mm.	12	0,44-0,35	9	0,45-0,34	4	0,43-0,35		
75 mm.	24	0,42-0,33	21	0,44-0,33	4	0,42-0,34		
74 mm.	18	0,43-0,32	29	0,40-0,29	5	0,40-0,32		
73 mm.	12	0,42-0,31	19	0,39-0,26	8	0,39-0,33		
72 mm.	14	0,40-0,29	24	0,37-0,27	7	0,37-0,32		
71 mm.	5	0,39-0,28	16	0,35-0,25	6	0,36-0,30	2	0,40-0,38
70 mm.	6	0,37-0,27	18	0,32-0,21	9	0,35-0,31	3	0,39-0,30
69 mm.			7	0,28-0,20	40	0,34-0,30	10	0,37-0,31
68 mm.			40	0,27-0,19	13	0,33-0,29	43	0,35-0,29
67 mm.			4	0,25-0,20	15	0,32-0,28	14	0,34-0,25
66 mm.					41	0,31-0,26	14	0,33-0,23
65 mm.					3	0,30-0,25	9	0,27-0,20
64 mm.					2	0,28-0,23	11	0,24-0,20
63 mm.					2	0,26-0,22	7	0,20-0,19
62 mm.					2	0,26-0,22	2	0,20-0,18
Longueur moyenne des individus	176	Poids moyen des individus 0,456 gr. Longueur moy. des individus 75,02 mm.	167	Poids moyen des individus 0,345 gr. Longueur moy. des individus 71,35 mm.	La totalité des individus 402	Poids moyen des individus 0,409 gr. Longueur moy. des individus 71,04 mm.	La totalité des individus 87	Poids moyen des individus 0,310 gr. Longueur moy. des individus 67,30 mm.

Civelles d'Arcachon : 0,099 gr. réduction en poids ; 3,74 mm. réduction en longueur.
Civelles de Nantes : 0,411 gr. réduction en poids ; 4,67 mm. réduction en longueur.

CHAPITRE II

CONSIDÉRATIONS SUR LES CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU NA- TUREL, ET ACTION DE CE MILIEU SUR L'ÉVOLUTION DU PIGMENT

Recherches personnelles.

Nos observations ont été faites dans le bassin d'Arcachon et dans les cours d'eau qui y débouchent et les expériences au Laboratoire de la station de biologie marine d'Arcachon, grâce à la bienveillance du docteur Sigalas, directeur du Laboratoire.

Je rappelle que le bassin d'Arcachon a la forme d'un vaste triangle d'environ 100 kilomètres de pourtour. Il reçoit de nombreux cours d'eau, le principal est la grande Leyre. La totalité de l'étendue de la baie (presque 1.500 hectares est formée de vases plus ou moins sableuses, parmi lesquelles on peut voir, à marée haute, le plateau de l'île aux Oiseaux. A marée basse, toute cette immense baie apparaît comme un parc ostréicole. La baie n'est pas très profonde ; au-dessous du niveau des plus basses mers on trouve 12 à 15 mètres, mais ces profondeurs ne se rencontrent guère que dans certains points

des principaux chenaux. Pour simplifier, nous avons étudié au point de vue physico-chimique, l'eau de l'Océan Atlantique en face du cap Ferret ; l'eau



Fig. 8. — Carte du bassin d'Arcachon
x = points où j'ai fait les prélèvements d'eau.

du bassin d'Arcachon et l'eau de l'embouchure de la grande Leyre, là où les Civelles montent dans l'eau douce. Nos recherches ont été faites entre le 2 et le 12 avril. Pendant cette période nous avons observé qu'une grande quantité de Civelles pénètrent dans les bras fluviaux (Voir figure VIII).

I. — Salinité et chlorure de sodium.

Les variations de la salinité sont très irrégulières, elles sont fonction de certains facteurs atmosphériques tels que la chaleur, la pluie, et des infiltrations d'eau douce.

Dans l'Océan et dans le bassin d'Arcachon la salinité varie avec la marée ; on a remarqué que les plus faibles salinités s'observent peu après la marée basse et les plus fortes après la marée haute. Au bassin d'Arcachon, on a trouvé 29,5 gr. de sel par litre, tandis qu'au cap Ferret, au large de l'Océan on a 30,5 gr. par litre. Dans l'embouchure de la Leyre, seulement 2 à 5 gr. par litre. La salinité va donc en diminuant de l'Océan (cap Ferret) en passant par le bassin d'Arcachon et jusqu'à l'embouchure de la Leyre. Il arrive que la salinité de l'eau de l'embouchure soit un peu modifiée, mais cela, très rarement, et c'est surtout quand l'Océan est agité. Par temps calme, on remarque une légère différence de concentration entre la surface et le fond de la Leyre ; ceci est dû à l'évaporation consécutive à un échauffement. L'eau examinée à quelques kilomètres de l'embouchure peut être considérée comme une eau douce. Nous avons contrôlé la salinité au moyen d'un aëromètre sensible à 1/10 de degré. Le chlorure de sodium a été dosé par la méthode de dosage du chlore de Laudat.

La teneur en chlorure de sodium, exprimée en chlore, est de 25 gr. 1 par litre pour l'eau de l'Océan et le bassin d'Arcachon, tandis qu'elle est de 0,15 à 0, 30 gr. par litre pour l'eau de la Leyre. Les expériences détaillées destinées à vérifier les observations que nous avons faites dans le milieu naturel et qui seront exposées dans le chapitre suivant, montrent que la salinité a une grande influence sur la pigmentation. Nous avons observé que dans la nature les Civelles qui quittent l'eau de mer pour aller dans l'eau douce ou saumâtre des estuaires, ont une pigmentation plus précoce que les individus qui sont forcés par les circonstances de rester dans l'eau de mer. Les naturalistes ont souvent exagéré l'action des excitants du milieu biologique sur les êtres vivants et ils attribuent à ces excitants, toutes les modifications d'un organisme. Dans notre cas, nous pensons que chez la Civelle, la pigmentation et la réduction de poids, sont en rapport avec la salinité de l'eau ; d'ailleurs, d'autres influences chimiques agissent aussi. C'est le cas d'employer un terme qui doit impliquer la spécificité, terme s'appliquant à tous les excitants physiques et chimiques. Nous pensons devoir employer le mot que M. le Professeur E. Rabaud emploie lui-même dans ce cas : *l'affinité*.

Voici deux expériences qui prouveront que pendant leur période de pigmentation les Civelles ont de l'affinité pour l'eau douce ou saumâtre. Les Civelles pêchées dans l'eau de mer ont été gardées

pendant quelques jours dans un bac d'eau douce ; puis un soir nous avons retiré un certain nombre de ces individus pour les remettre dans l'eau de mer. Le lendemain matin en entrant au Laboratoire nous avons trouvé la moitié des Civelles au bac d'eau de mer, mortes sur le plancher. Elles avaient donc, en notre absence du Laboratoire, sauté du bac d'eau de mer, tandis que celles qui étaient dans le bac d'eau douce n'avaient pas bougé.

Ensuite, nous avons combiné un dispositif de façon que les Civelles gardées dans l'eau de mer, puissent aller dans un second bac rempli d'eau saumâtre. On a constaté alors que presque toutes les Civelles ont pénétré dans l'eau saumâtre. Quelques-unes, moins actives, peut-être, et qui étaient restées dans l'eau de mer, ont été prises comme témoins. Elles étaient à une stade de pigmentation moins avancée que celles qui étaient gardées dans l'eau saumâtre.

II. — Le Ph.

On admet que la concentration en ions hydrogène a une influence sur la répartition des organismes marins et d'eau douce. Nous avons pris le Ph au large dans l'Océan, au bassin d'Arcachon et dans la rivière Leyre et nous avons constaté que le Ph dans le premier cas était de 8,4, dans le deuxième cas variait entre 7,9 et 8 et dans le troisième cas était de 7,4.

Les animaux qui dans les conditions naturelles

demeurent pendant le durée de la marée basse dans les flaques que la mer laisse en se retirant, peuvent y subir des variations assez étendues du Ph, tandis que le Ph de l'eau de mer est presque constante. Quelques exceptions : quelquefois le Ph est élevé dans les cuvettes formées par les rochers à cause de l'absorption du gaz carbonique et du dégagement d'oxygène par les végétaux.

Dans ces cuvettes, nous avons trouvé le Ph variant entre 8,3 et 8,7. Dans les eaux douces, et surtout dans l'embouchure de la Leyre, le Ph peut varier aussi entre 7,1 et 7,8. D'après notre observation, les Civelles sont capables de supporter, fréquemment et longuement, des variations de Ph entre 7 et 8,7 et on peut les nommer *sténioniques*.

III. — La température.

Nous avons noté les températures de 3 en 3 heures pendant 24 heures en trois endroits différents : 1° en face du cap Ferret (au large de l'Océan), 2° dans le bassin d'Arcachon (en face du Laboratoire) et 3° dans l'embouchure de la Leyre. D'après nos tableaux 3, 4, 5 annexés, on voit que pendant notre expérience, la température moyenne, au large du cap Ferret est de 12°02, dans le bassin d'Arcachon 13°70 et dans l'embouchure de la Leyre 13°32 (dans l'intérieur de l'estuaire, la température moyenne est 14°90 ; on a donc 2°89 de différence

entre la température de l'Océan et celle de la Leyre). On enregistre des variations au cours de la journée, la maximum a lieu entre midi et 10 heures ; la minimum un peu avant le lever du jour. Pendant les grandes marées, quand la basse mer est vers midi, la température la plus élevée est à 13 heures. La différence entre l'eau devant l'estuaire et l'eau dans l'embouchure de la Leyre, est en moyenne de 1°68. Nous pensons que cela est dû à l'influence des grandes marées. Quoique la température soit différente entre l'eau de l'Océan et l'eau de la Leyre, on peut conclure que les Civelles sont attirées par la température de la Leyre (14°90 en moyenne). C'est d'ailleurs un maximum, et l'organisme ne peut être attiré uniquement par les températures extrêmes, et ce n'est donc pas le cas de parler *d'eurythermes* ou *sténothermes*. Un facteur plus important agit, c'est l'oxygène dissous.

IV. — Action de l'oxygène dissout.

La teneur en oxygène dissout présente des variations journalières dans toutes les eaux. Elle est plus grande les jours ensoleillés que les jours nuageux. L'influence du soleil et des plantes contribue à la production d'oxygène. De même, l'agitation de l'eau intervient ; plus elle est agitée, plus elle contient d'oxygène. Pendant les périodes de nos expé-

riences, période concordant avec la montée des Civelles dans l'eau douce, on remarque que l'eau de l'Océan était plus riche en oxygène que celle du bassin d'Arcachon, et cette dernière plus oxygénée que l'eau dans l'embouchure de la Leyre. Les variations au cours de la journée, sont en rapport avec la température et l'assimilation chlorophyllienne des algues de fond. Plus l'eau est froide, plus la quantité d'oxygène dissout est grande. Nos mesures prises de 3 en 3 heures pendant 24 heures, nous ont donné les chiffres moyens suivants (exprimés en milligrammes par litre d'eau):

7 avril :

Eau de l'Océan :

Cap Ferret.....	8 mgr. 78
Bassin d'Arcachon.....	8 mgr. 56

10 avril :

Eau de l'Océan :

Cap Ferret.....	8 mgr. 88
Bassin d'Arcachon.....	8 mgr. 67

13 avril :

Eau devant l'embouchure de la Leyre	7 mgr. 55
Eau dans l'Estuaire de la Leyre...	6 mgr. 19

Différence entre l'eau du cap Ferret et l'estuaire de la Leyre au 7 avril : 4 mgr. 58 par litre.

Différence entre l'eau du cap Ferret et l'estuaire de la Leyre au 10 avril : 1 mgr. 69 par litre.

La méthode employée pour le dosage de l'oxygène dissout est la méthode de Winkler.

La différence de 1,58 observée entre les mesures du 7 avril et celles du 10 avril est très nette ; nous pensons qu'elle est due à un état physique particulier de l'oxygène de l'eau, l'eau de l'Océan étant beaucoup plus agitée que l'eau de l'estuaire de la Leyre.

D'après les tableaux de Fox relatifs à l'absorption des gaz atmosphériques par les eaux douces, nous remarquons ici que l'eau de l'estuaire contient peu d'oxygène dissout, tandis que l'eau de l'Océan et du bassin d'Arcachon dépasse le coefficient de solubilité. Cette eau était sursaturée d'oxygène pendant le temps de notre expérience. On sait que le coefficient de solubilité est plus élevé pour les eaux douces que pour les eaux marines à conditions égales de température et de pression atmosphérique.

Dans le moment de la montée de la Civelles en eau douce, (février, mars, avril) la température de l'eau douce est plus élevée que la température de l'eau de mer, et les Civelles restent encore quelque temps dans l'estuaire où le taux d'oxygène est encore diminué à cause des réductions de toutes les matières organiques qu'elle contient. Nous avons observé que pendant les mois d'octobre et novembre, les rivières, à cause de la pluie, sont en crues ; à ce moment l'eau de l'estuaire et des rivières est plus oxygénée à cause de la température plus basse et des courants plus rapides. Au contraire, en février,

TABLEAU N° 3.

TEMPÉRATURES DU PH ET TENEUR EN OXYGÈNE DISSOUS

Eau prise de 3 en 3 heures alternativement en face de Cap Ferret (au large de l'Océan) et dans le bassin d'Arcachon en face du laboratoire.

Obs. Cap Ferret = C. F. Laboratoire = L. 7 avril.

Heure de la prise	Lieu	Température	PH	Pression	Oxygène en mg. par litre	Observations
6 heures	C. F.	12°	8,1	762,9	9,2	Mer calme.
7 heures	L.	12°6	7,9	763,3	9,0	—
9 heures	C. F.	12°4	8,1	763,3	8	—
10 heures	L.	13°1	8	763,4	9,4	Soleil.
12 heures	C. F.	13°	8,1	765,6	10,2	Basse mer, nuage.
13 heures	L.	13°7	8,1	766,0	10,1	Nuage.
14 heures	C. F.	13°2	8,1	766,4	10,1	—
15 heures	L.	13°9	8,1	767,2	9,8	—
17 heures	C. F.	12°6	8,1	767,8	9,8	—
18 heures	L.	13°1	7,9	768,1	9,4	—
20 heures	C. F.	11°5	8,1	769,7	8,6	Haute mer.
21 heures	L.	12°1	7,9	777,0	7,5	—
23 heures	C. F.	10°6	8,1	770,2	8,1	Ciel clair.
24 heures	L.	11°2	8,0	771,0	7,2	—
3 heures	C. F.	11°3	8,1	771,0	7,9	Basse mer.
4 heures	L.	11°9	7,9	770,8	7,5	Mer calme
6 heures	C. F.	11°6	8,1	771,0	7,4	Mer calme h. mer.
7 heures	L.	12°3	7,9	771,0	7,2	—

Eau de l'Océan :

Cap Ferret = 8,78 moyen mg. d'oxygène dissous par litre (7 avril.)

Bassin d'Arcachon = 8,56 moyen mg. d'oxygène dissous par litre.

TABLEAU N° 4.

TEMPÉRATURES DU PH ET TENEUR EN OXYGÈNE DISSOUS

Eau prise de 3 en 3 heures alternativement en face du Cap Ferret au large de l'océan et dans le bassin d'Arcachon en face du laboratoire.

Obs. : Cap Ferret = C. F. Laboratoire = L. 10 avril.

Heure de la prise	Lieu	Température	PH	Pression	Oxygène en mg. par litre	Observations
6 heures	C. F.	12°4	8,1	771,2	8,7	Mer calme, soleil.
7 heures	L.	12°8	7,9	771,3	8,5	—
9 heures	C. F.	13°0	8,1	771,5	9,1	—
10 heures	L.	13°4	7,9	772,2	9	—
12 heures	C. F.	13°2	8,1	772,5	9,9	Basse mer.
13 heures	L.	13°9	8,0	772,6	9,6	Nuages.
14 heures	C. F.	13°3	8,1	772,9	10,2	—
15 heures	L.	13°9	8,1	772,7	9,7	—
17 heures	C. F.	13°2	8,1	772,5	9,6	Mer calme.
18 heures	L.	13°8	7,9	772,3	9,6	Haute mer.
20 heures	C. F.	12°4	8,1	772,3	8,7	Ciel clair.
21 heures	L.	13°1	8	772,5	8,4	—
23 heures	C. F.	12°0	8,1	772,8	8,2	—
24 heures	L.	12°7	8,0	773	7,9	Basse mer.
3 heures	C. F.	11°4	8,1	773,1	7,8	Mer calme.
4 heures	L.	11°9	8,1	772,5	7,7	—
6 heures	C. F.	12°0	8,1	772,3	7,7	Haute mer.
7 heures	L.	12°6	7,9	772,4	7,7	—

Eau de l'océan :

Cap Ferret = 8,88 moyen mg. d'oxygène dissous par litre. (10 avril.)

Bassin d'Arcachon = 8,67 moyen mg. d'oxygène dissous par litre.

TABLEAU N° 5.

COURBE DES TEMPÉRATURES DU PH ET TENEUR EN OXYGÈNE DISSOUS

Eau prise de 3 en 3 heures alternativement devant l'embouchure de la Leyre et dans l'estuaire. 13 avril.

Obs. Devant l'embouchure = A. Dans l'estuaire = D.

Heure de la prise	Lieu	Température	PH	Pression	Oxygène en mg. par litre	Observations
6 heures	A.	12°8	7,6	771,2	7,3	
7 heures	D.	13°6	7,4	771,2	6,1	
9 heures	A.	13°5	7,6	771,5	7,8	
10 heures	D.	14°7	7,4	771,4	6,3	
12 heures	A.	13°7	7,9	772,5	8,2	
13 heures	D.	14°9	7,4	772,5	6,9	
14 heures	A.	14°0	7,9	772,8	8,1	
15 heures	D.	15°4	7,4	772,8	6,2	
17 heures	A.	14°	7,7	772,7	7,6	
18 heures	D.	15°4	7,4	772,6	6,2	Haute mer.
20 heures	A.	13°6	7,6	772,3	7,4	
21 heures	D.	15°2	7,4	772,3	6,0	
23 heures	A.	12°9	7,8	772,8	7,3	
24 heures	D.	13°9	7,4	772,9	5,9	
3 heures	A.	12°6	7,8	773,1	7,2	
4 heures	D.	13°9	7,4	773,1	6,0	
6 heures	A.	12°7	7,6	772,6	7,0	
7 heures	D.	13°9	7,4	772,5	6,0	

Les chiffres moyens exprimés en milligrammes d'oxygène dissous par litre :

Devant l'embouchure = 7,55

Dans l'estuaire de la Leyre = 6,19 (13 avril.)

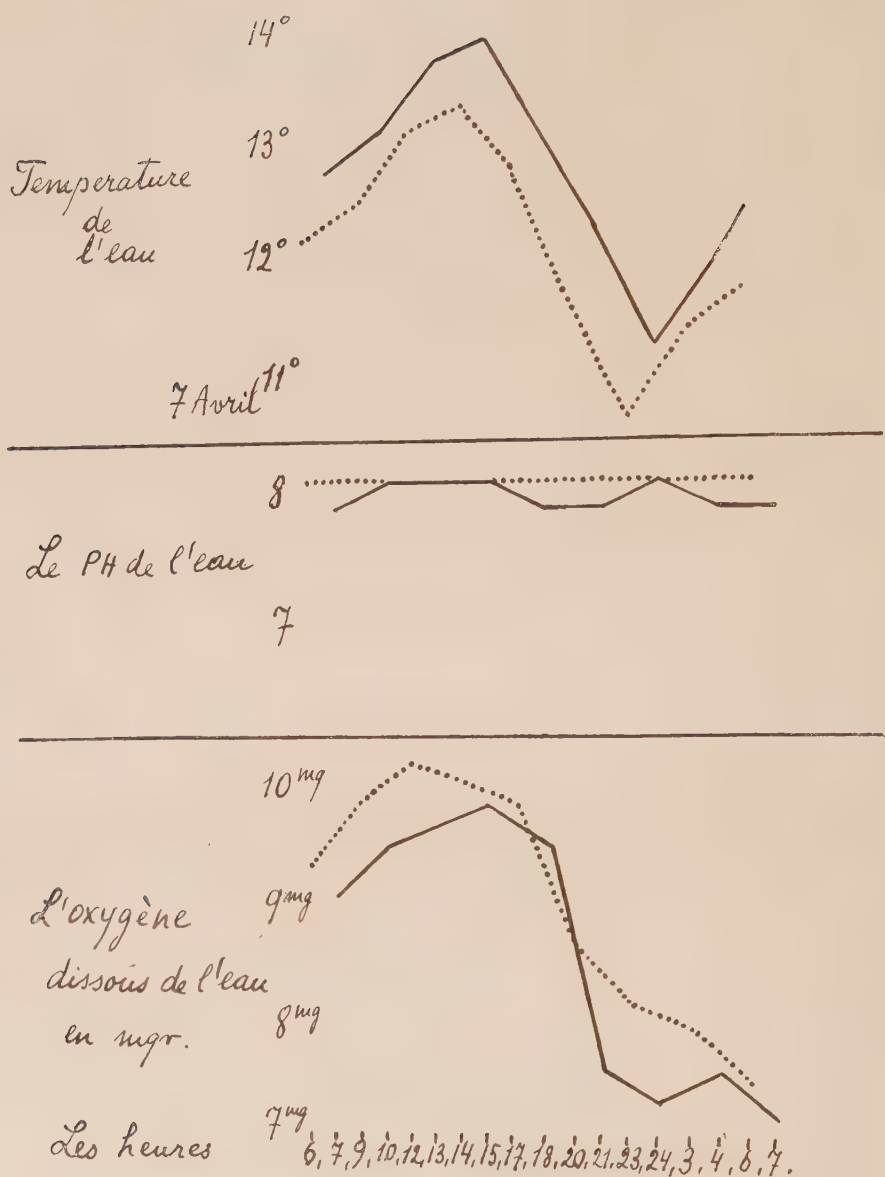


FIG. 9. — Température, le Ph et l'oxygène dissous de l'eau en face de cap Ferret (traits pointillés) et dans le bassin d'Arcachon (traits pleins), 10 avril.

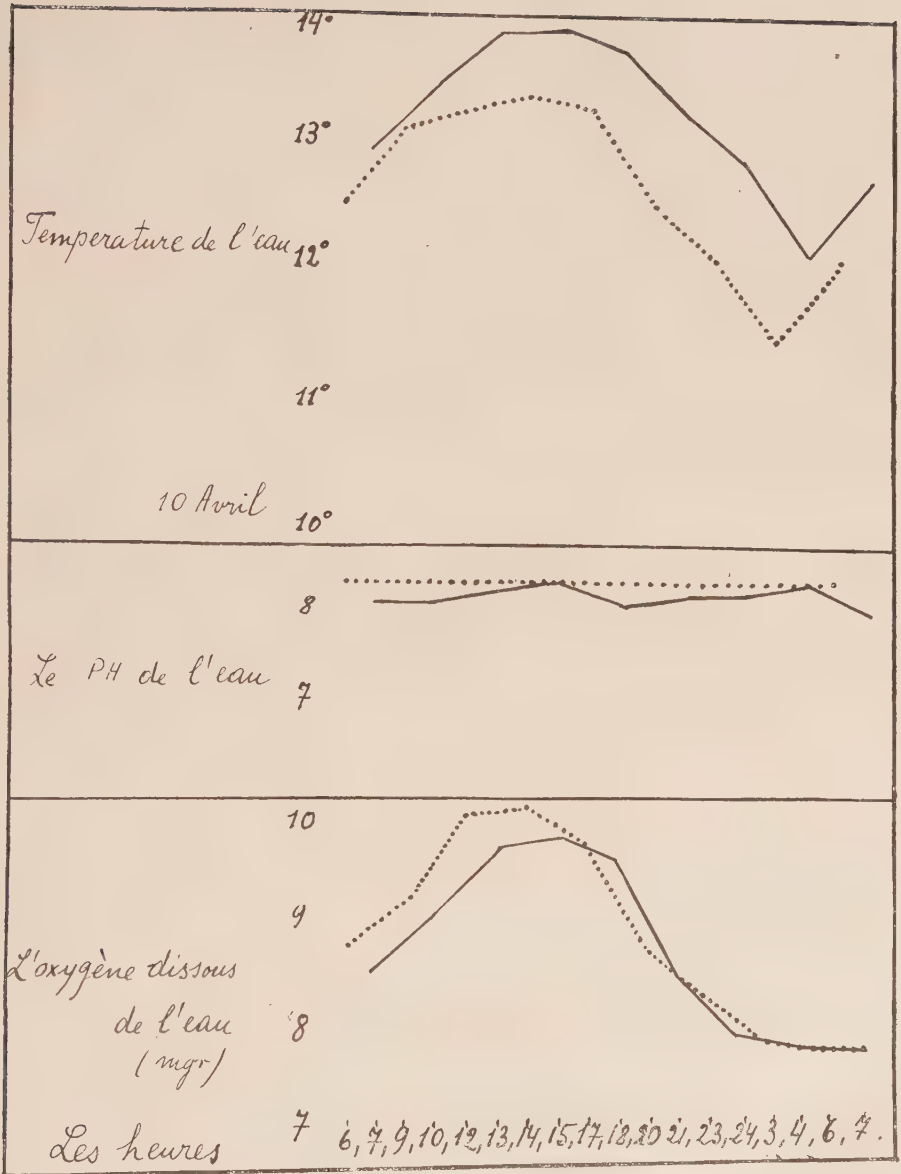


FIG. 10. — Température, le PH et l'oxygène dissous de l'eau en face de cap Ferret (traits pointillés) et dans le bassin d'Arcachon (traits pleins), 10 avril.

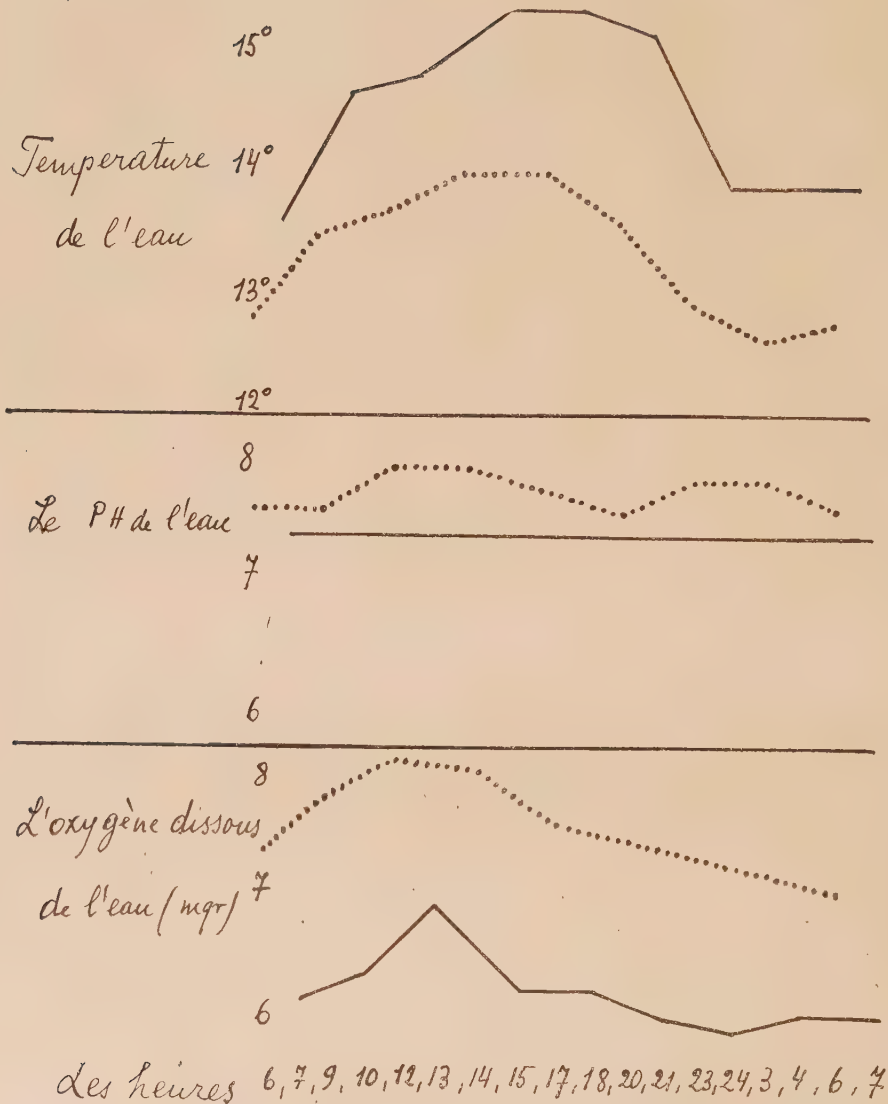


FIG. 11. — Température, le Ph et l'oxygène de l'eau devant l'embouchure (traits pointillés) et dans l'estuaire (traits pleins).
13 avril.

mars, avril les eaux douces venues dans l'estuaire sont en faible quantité et la température est relativement élevée. C'est à ce moment que les Civelles préfèrent monter en eau douce où la teneur en oxygène est moins élevée. On peut dire ici que l'oxygène qui est en rapport avec la température à une action sur les Civelles non pigmentées ; ces civelles ont une affinité pour l'abaissement du taux d'oxygène. Nous assistons à un changement d'état physiologique lorsque la pigmentation commence, elle entraîne une réduction de volume de la Civelle. En ce qui concerne les migrations de montées des Civelles, on ne peut parler d'un tropisme ; le tropisme ne s'applique qu'à des organismes sans système nerveux, ce qui n'est pas le cas. On ne peut donc pas dire que la Civelle monte dans l'eau douce parce qu'elle est attirée par le peu d'oxygène dissout à cette époque, car il ne suffit pas d'une seule excitation (baisse du taux d'oxygène) pour agir sur les mouvements d'un organisme. La Civelle trouve dans le nouveau milieu (eau douce) d'autres excitations (température, acidité, alcalinité, salinité, alimentation, et elle subit l'influence d'actions diverses au point de vue mécanique physique et chimique. A ce moment les excitations multiples et variées produisent un effet déterminé, c'est pourquoi on doit voir dans cette activité normale de la Civelle concernant le déplacement et l'orientation : *un déterminisme* relevant de conditions actuelles.

On ne peut appeler cette action un *instinct migra-*

teur ; les Civelles sont soumises à un déterminisme immédiat. Ce déterminisme et l'orientation générale de leur montée en eau douce dépend de quelques conditions nouvelles relatives au milieu biologique dans lequel elles vont vivre. Lorsque les Leptocéphalus, avant d'être transformés en Civelles viennent de la mer des Sargasses, ils restent à la surface de la mer, c'est-à-dire qu'elles cherchent un même milieu pendant tout le voyage ; l'animal reste dans une zone de température et de densité déterminée. On ne peut donc admettre une « mémoire ancestrale » pour expliquer le déplacement de ces jeunes Civelles.

V. — Lumière et alimentation.

Dans la nature l'action de la lumière est aisée à observer ; lorsque le soleil décroît le soir, la lumière diminue peu à peu jusqu'à une certaine limite, à ce moment les individus qui peuplent les eaux et qui sont dans les eaux plus profondes se trouvent dans l'obscurité et regagnent la surface. C'est pourquoi lorsque les nuits sont très noires, la mer et les eaux douces sont très riches en animaux pélagiques ; à la fin de la nuit les récoltes sont moins bonnes et les animaux finissent leur ascension. J'ai observé cette migration verticale dans le bassin d'Arcachon et dans l'embouchure de la Leyre. Pendant la journée la lumière a une grande influence sur l'oxygène dissout, le maximum a lieu pendant les journées

ensoleillées, alors que le minimum se produit par temps couvert. La lumière joue aussi un grand rôle en ce qui concerne la couleur de l'eau. Dans l'embouchure de la Leyre, elle est très limpide, sans couleur particulière (tandis que l'eau de mer est bleue ou verte). Le vent et les marées peuvent donner à l'eau de l'estuaire une teinte jaune verdâtre ou blanc verdâtre. Au mois de février, nous avons remarqué une teinte brune due à des diatomées, nombreuses en hiver, et que nous avons déterminé comme des *Navicula*. Comme corolaire, nous mentionnerons que : entre la faune d'eau douce et la faune d'eau salée, il n'y a pas incompatibilité, car toutes deux convergent vers les eaux saumâtres. D'après Florentin beaucoup d'organismes y vivent.

D'après cela, la richesse de la nourriture dans les eaux de l'estuaire est concomitante avec la richesse du plankton pendant la nuit, ce qui explique pourquoi les Civelles pénètrent dans l'estuaire au moment où leurs dents apparaissent (stade VB ou VI A1 Strubberg). Elles y trouvent une riche alimentation facile à saisir. D'après les observations, on sait que les Civelles s'engagent dans l'estuaire en grand nombre, presque à la surface de l'eau, et toujours pendant la nuit, qu'elles peuvent trouver facilement leur nourriture.

Les Civelles sont sténophotes parce qu'elles recherchent la lumière diffuse, tandis que l'éclat du soleil les repousse.

Elles cherchent les coins presque obscurs, aimant

rester pendant la journée dans une lumière diffuse et c'est à cause de cela qu'elles sont cachées pendant le jour dans le creux des rochers et dans le sable. Elles nagent seulement la nuit dans les parties les plus superficielles de l'eau.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCES DESTINÉES A COMPLÉTER ET VÉRIFIER LES OBSERVATIONS FAITES DANS LA NATURE

I. — Influence de la salinité sur la pigmentation et le milieu intérieur.

La salinité a une grande influence sur la marche de la pigmentation. Nous avons étudié en premier lieu l'action du *chlorure de sodium*. Des Civelles incolores aux stades VB et VI A1 de Strubberg ont été mises dans 3 bacs. Les deux premiers contenaient de l'eau salée; le premier a une concentration de 25 %; et le deuxième 7 %; le troisième contenait de l'eau douce; la température était la même pour les trois et variait de 16° à 18°. On a observé que : Dans le premier bac, seulement 45 % des Civelles ont achevé leur pigmentation, c'est-à-dire ont atteint le stade VIB de Strubberg, en 58 jours; dans le deuxième 62 % ont achevé leur pigmentation en 60 jours et dans le troisième 94 % l'ont achevée en 45 jours.

Nous avons ensuite étudié le taux de chlorure de sodium exprimé en chlore, dans le sang de la Civelle

TABLEAU N° 6.

INFLUENCE DE LA SALINITÉ SUR LA PIGMENTATION ET RÉDUCTION EN LONGUEUR DES CIVELLES

	Etat de développement du pigment	Pigmentation		Réduction	
		Nombre d'individus	Pourcentage p. 100	Longueur en millimètres	Réductions en millimètres
Civelles d'Arcachon. Salinité 25 ‰. Température 15°-16°. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 200.	VI A ₁	100	50 %	74	0
	VI A ₂	97	47 %	74	0
	VI A ₃	90	45 %	73	1
	VI A ₄	80	40 %	72	2
Civelles d'Arcachon. Salinité 7 ‰. Température 15°-16°. Durée d'expérience 58 jours. Nombres d'individus 180.	VI A ₁	50	60 %	74	0
	VI A ₂	44	58 %	74	0
	VI A ₃	42	56 %	72	2
	VI A ₄	41	55 %	71	3
Civelles Nantes. Salinité 2 ‰. Température 15°-16°. Durée d'expérience 38 jours. Nombres d'individus 105.	VI A ₁	91	89 %	78	0
	VI A ₂	86	85 %	78	0
	VI A ₃	83	82 %	75	3
	A ₄	71	70 %	73	5

non pigmentée et dans celui de la Civelle à la fin de sa pigmentation.

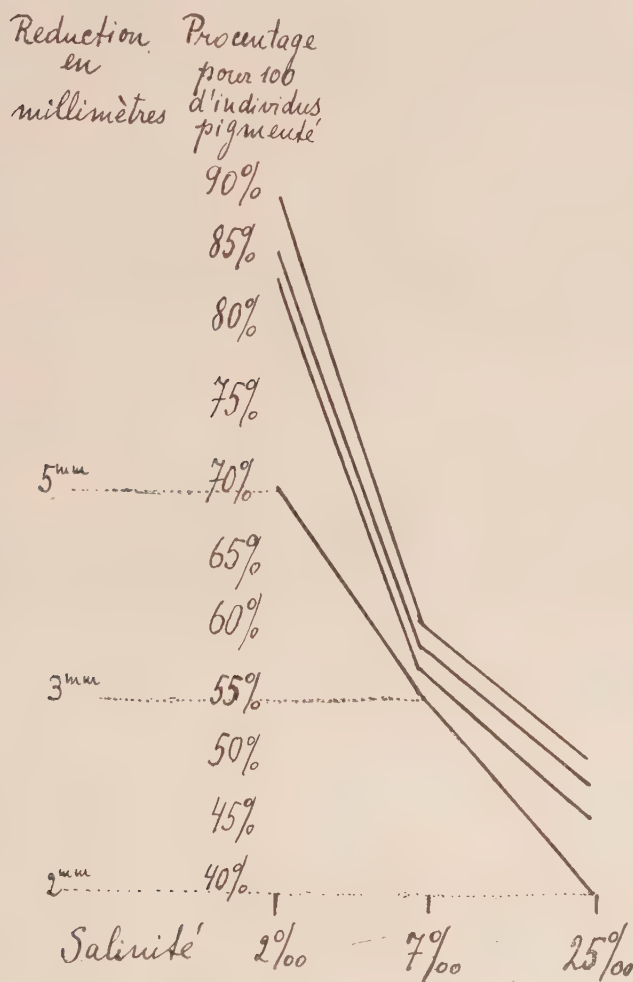


FIG. 12. — Réduction et pigmentation des individus en rapport de la salinité du milieu ambiant.

Nos recherches ont porté sur les Civelles contenues dans le 1^{er} bac (eau salée 25 gr. par litre) et

celles contenues dans le 3^e (eau douce). Le chiffre moyen de chlorure de soude exprimé en chlore, d'après la méthode de Laudat, est de 7,4 pour le 1^{er} bac et de 7,1 pour le 3^e (exprimé en grammes); Ceci prouve que le milieu intérieur de la Civelle subit l'influence du milieu extérieur et montre que l'accélération de la pigmentation est inversement proportionnelle à la quantité de chlorure de soude. D'autres expériences nous ont permis d'observer que des Civelles incolores mises dans l'eau de mer naturelle, à la température de 16 à 18°, 65 % ont achevé leur pigmentation en 58 jours tandis que d'autres mises en eau douce, à la même température, l'ont achevée en 45 jours. On a vu précisément que la pigmentation s'accompagne d'une réduction de longueur de l'animal. D'après nos mesures sur des Civelles mises dans l'eau douce courante, on voit que cette réduction commence au stade VI A2 (4) de Strubberg.

Vaillant a fait l'analyse chimique dans les 2 cas, on verra les résultats dans ce tableau.

	Civelle incolore	Civelle pigmentée (montée).
Eau.....	78,92	79,12
Matières sèches....	21,08	20,88

Donc, la Civelle pigmentée contient plus d'eau que la Civelle incolore. Le changement de milieu interne a certainement une influence sur l'hydratation des tissus. Le milieu d'eau douce et par suite le changement de milieu interne, est en rapport direct avec la pigmentation et en rapport inverse avec la réduction.

tion de longueur des Civelles. Quoique l'anguille adulte ait été dénommée un migrateur thalassotoque se reproduisant et croissant dans les eaux continentales, on ne peut dire que l'Anguille soit sténohalin pendant toutes les périodes de sa vie. Nous avons repris les expériences de GILS : Si l'on prend une Anguille de 30 cm. vivant dans l'eau douce et qu'on la place brusquement dans l'eau de mer, on remarque que sa respiration s'accélère, les branchies deviennent rouge foncé, la région antérieure du cristallin devient opaque, le poids diminue de $1/15$, la peau se recouvre de mucus et l'animal meurt dans un temps qui varie de 1 à 20 jours. Ceci à une température de 15 à 16°. On peut donc affirmer que seule la maturité sexuelle (Anguille argentée) a une influence et peut fournir un véritable exemple d'euryhalinité, car, ce n'est qu'à cette condition que l'Anguille passe à l'eau douce dans l'eau de mer sans inconvénient. On ne peut prendre ici en considération la théorie de la « mémoire ancestrale » pour expliquer la première montée des jeunes Civelles en eau douce ; car, d'après nos expériences on assiste à un changement de l'état physiologique (pigmentation et réduction) et ce changement concorde avec le passage des Civelles dans l'eau douce. Leur organisme subit l'influence du nouveau milieu, et parmi ces influences on peut citer la salinité.

II. — Action de la température.

GANDOLFI HARNYOLD et STRUBBERG ont démontré que la température a aussi un rôle important sur la pigmentation et la réduction de volume. Mais ces auteurs n'envisagent pas l'action des autres facteurs. Dans nos expériences, nous étudierons d'abord l'action de la température et ensuite, nous essaierons d'expliquer cette action en fonction des autres facteurs qui interviennent. Trois bacs sont remplis d'eau douce : Le 1^{er} contient des Civelles pêchées à Nantes, l'eau étant de 15 à 16°. Le 2^e bac contient des Civelles pêchées à Arcachon, l'eau étant de 8 à 9°. Le 3^e bac contient des Civelles pêchées à Arcachon, l'eau étant de 20 à 21°. Afin de comparer facilement le nombre des individus pigmentés qui étaient aux divers stades de Strubberg, nous avons limité la durée des observations à 38 jours, de telle sorte que toutes les Civelles du 3^e bac soient à la fin du stade VI A4, leur pigmentation étant achevée. Les chiffres que nous donnons sont toujours rapportés à 100 individus. (Voir tableau 7.)

D'après notre courbe, on voit qu'à la fin du stade VI A4, presque tous les individus du 3^e bac sont pigmentés. Le pourcentage est exactement 97, tandis que dans le 1^{er} bac il n'est que de 70 à la fin du stade VI A4 de Strubberg. Dans le 1^{er} cas la réduction de longueur était de 6 mm. ; dans le 2^e de 5 mm.

TABLEAU N° 7.

L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'OXYGÈNE DISSOUS SUR
LA PIGMENTATION ET RÉDUCTION EN LONGUEUR DES CIVELLES

	Etat de développement du pigment	Pigmentation		Réduction	
		Nombre d'individus	Pourcentage p. 100	Longueur en millimètres	Réduction en millimètres
Civelles Nantes. Eau douce. Température 15°-16°. Oxygène dissous = 7,20 mg. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 105.	VI A ₁	91	89 %	78	0
	VI A ₂	86	85 %	78	0
	VI A ₃	83	82 %	75	3
	VI A ₄	71	70 %	73	5
Civelles d'Arcachon. Eau douce. Température 8°-9°. Oxygène dissous = 8,12 mg. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 120.	VI A ₁	20	15 %	74	0
	VI A ₂	80	70 %	74	0
	VI A ₃	17	14 %	72½	1½
	VI A ₄	0	0 %	72½	1½
Civelles Nantes. Eau douce. Température 20°-21°. Oxygène dissous = 6,05 mg. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus.	VI A ₁	138	92 %	78	0
	VI A ₂	148	99 %	77	1
	VI A ₃	145	98 %	74	4
	VI A ₄	143	97 %	72	6

Nous n'indiquons ici que la réduction de longueur, elle entraîne aussi la réduction de poids.

L'élévation de température accélère donc la pigmentation et par conséquent la réduction. Dans le second bac, nous remarquons que l'eau froide (10 à 11°) agit au début très faiblement sur la pigmentation, puis ensuite, celle-ci s'arrête. Si l'on examine le tableau, on voit que cet arrêt a lieu après 38 jours d'expérience, à la fin du stade VI A3 de Strubberg. Il n'y a plus que 14 % des Civelles de pigmentées, la réduction est très faible, en moyenne 1 mm.5. Après ces 38 jours, les individus qui restent dans l'eau sont très peu pigmentés. On peut se demander pourquoi et comment agit la chaleur sur la pigmentation des Civelles ? Pour solutionner ce problème nous avons fait l'analyse de l'eau dans les 3 bacs d'expérience. On voit que l'oxygène dissout y est dans les proportions suivantes :

1 ^{er} bac.....	7 mgr. 20	par litre
2 ^e bac.....	8 mgr. 12	—
3 ^e bac....	6 mgr. 05	—

Une chose attire notre attention, la quantité d'oxygène est inversement proportionnelle à l'intensité de la pigmentation. D'autres expériences ont permis de mettre ce fait en évidence. Dans un bac rempli d'eau douce, à environ 15°, on a placé des Civelles incolores. Pendant 15 jours, on n'a pas changé cette eau afin de ne pas oxygéner le milieu, on a donc une eau très pauvre en oxygène. Pour

éviter l'apport de l'oxygène de l'atmosphère on a répandu à la surface de l'eau une couche de paraffine (obtenu par cristallisations de vapeur de paraffine). Dans un second bac de même capacité et à la même température (15°) on a porté aussi des Civelles incolores. Cette eau a été chargée d'oxygène jusqu'à la limite de solubilité, au moyen d'un générateur à oxylithe, cet oxygène était amené dans le bac par un tube de verre ; cela, d'une manière régulière par un dispositif spécial. Dans le 1^{er} bac, il y avait 5 mgr. par litre d'oxygène dissout, et dans le second 10 mgr. par litre. Dans le 1^{er}, après 15 jours d'expérience, on avait le stade VI A4 (Strubberg) pour 35 individus sur 39. Dans le 2^e le stade obtenu était VI A2 I (Strubberg) pour 33 sur 39 individus. Ici, la pigmentation était moins avancée. Dans le 1^{er} bac l'oxygène dissous est en quantité très différente car on sait que la solubilité de l'oxygène est fonction de la température : les températures sont inversement proportionnelles à la teneur en oxygène, la pression étant supposée constante. C'est exactement ce que nous avons observé dans la nature : l'eau de l'Océan et l'eau du bassin d'Arcachon sont plus riches en oxygène que l'eau de l'embouchure de la Leyre, et on se souvient que les températures étaient très différentes. Mais de quelle façon une eau pauvre en oxygène agit-elle sur les Civelles ? Le milieu contenant très peu d'oxygène, il s'ensuit que les échanges respiratoires sont très ralentis ; mais, même si le milieu contient peu d'oxygène, elle

en contient encore davantage que les tissus intérieurs riches en acide carbonique puisque le milieu est confiné. Dans ce cas, les cellules pigmentaires migratrice (mélanophores) interviennent comme cellules respiratoires, puisqu'elles partent d'un tissu riche en CO_2 pour se rendre dans le milieu extérieur qui est plus riche en oxygène. Cette fonction coïncide avec le rôle excréteur des cellules pigmentaires et en même temps, la pigmentation de la Civelles est accélérée. Dans notre cas, la teneur en O de l'eau est un facteur en rapport avec la salinité et la température (salinité diminuée et température élevée). Elle accélère la pigmentation, et grâce à cela, on assiste à un changement d'état physiologique facile à déceler par la réduction du volume des individus. Cette apparition de pigments coïncide avec la pénétration des Civelles dans l'eau douce ou saumâtre, c'est-à-dire dans un milieu où les caractères physico-chimiques (oxygène dissous, salinité, Ph, lumière) et nourriture sont différents du milieu marin. C'est la raison pour laquelle nous avons étudié l'action de ces facteurs au laboratoire. Pour terminer et mettre en évidence la variabilité de la pigmentation par rapport à la teneur en oxygène de l'eau et la température, nous avons dressé le tableau ci-contre.

On voit que la pigmentation est inversement proportionnelle à la teneur en oxygène et directement proportionnelle à la température de l'eau. Nous indiquons dans notre tableau, pour chaque stade

de Strubberg, le pourcentage des Civelles pigmentées en fonction de la teneur en oxygène et de la température.

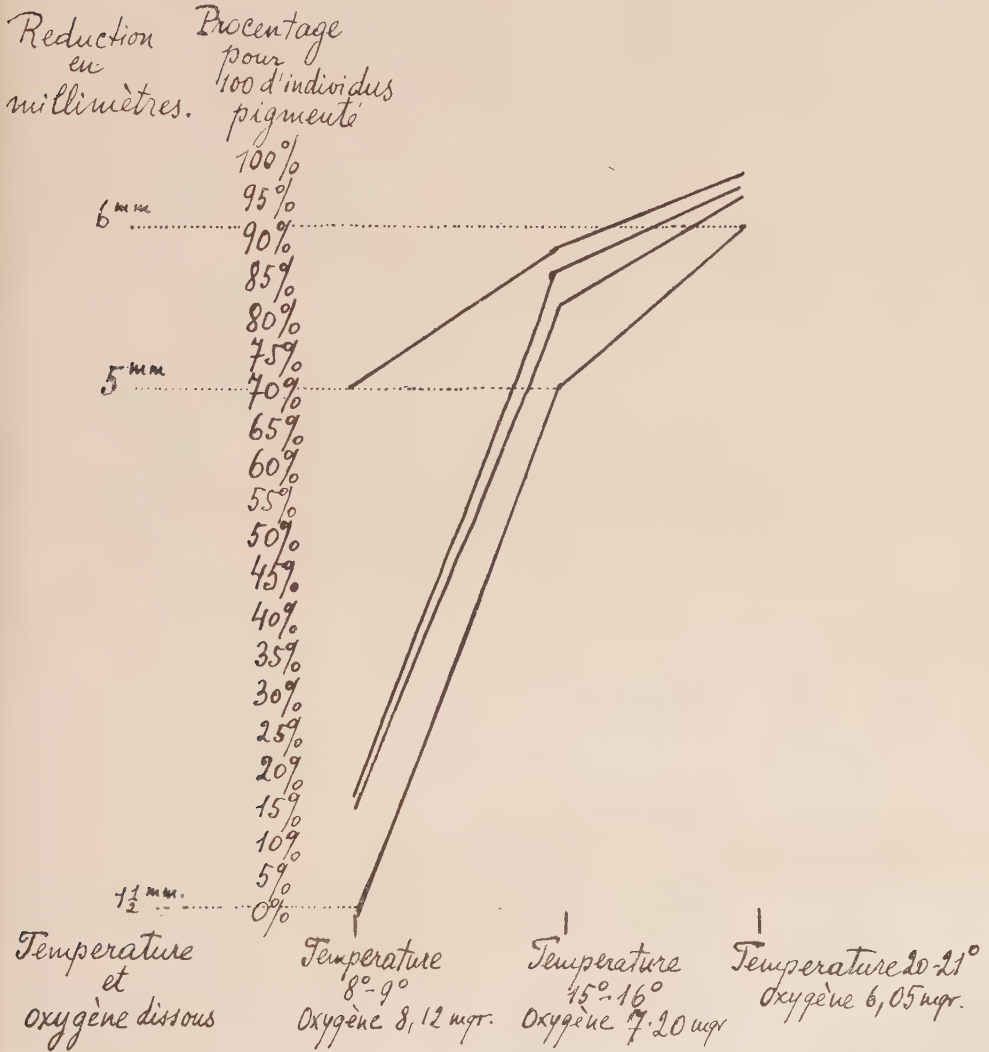


FIG. 13. — Réduction et pigmentation des individus en rapport avec la température et l'oxygène dissous du milieu ambiant.

III. — Action du Ph sur la pigmentation et la biologie de l'Anguille.

Etant données les grandes variations de Ph que les Anguilles sont capables de supporter dans la nature (le Ph varie entre 7 et 8,7), nous avons entrepris au Laboratoire des recherches expérimentales sur ce sujet. Pour cela, nous avons modifié l'alcalinité ou l'acidité de l'eau de mer ou de l'eau douce par addition de NaOH ou HCl. Ensuite, les titrages ont été faits par la méthode colorimétrique. Nous avons employé les réactifs suivants : bleu de bromothymol, rouge de phénol, rouge de méthyle. On a réalisé l'échelle en préparant toute une gamme de liqueurs. On voit en premier lieu que les liquides de la série acide (Ph3 ; Ph4) sont extrêmement toxiques ; les Civelles y meurent en 25 minutes. A partir de 6,1, elles s'accoutument et commencent à y vivre. Dans la série alcaline, nous n'avons pas dépassé un Ph de 9,5, car l'addition de soude a provoqué dans le liquide un précipité qui a gêné l'expérience. Pour un Ph de 8,7, les Civelles se sont comportées normalement et ont pu y vivre. Il existe donc un maximum et aussi un minimum, en dehors duquel le milieu devient dangereux pour l'animal. Nous avons déterminé aussi le Ph le plus favorable pour obtenir le maximum de pigmentation ; cet optimum varie entre 7,2 et 7,6, c'est-à-dire presque égal au Ph de l'eau douce.

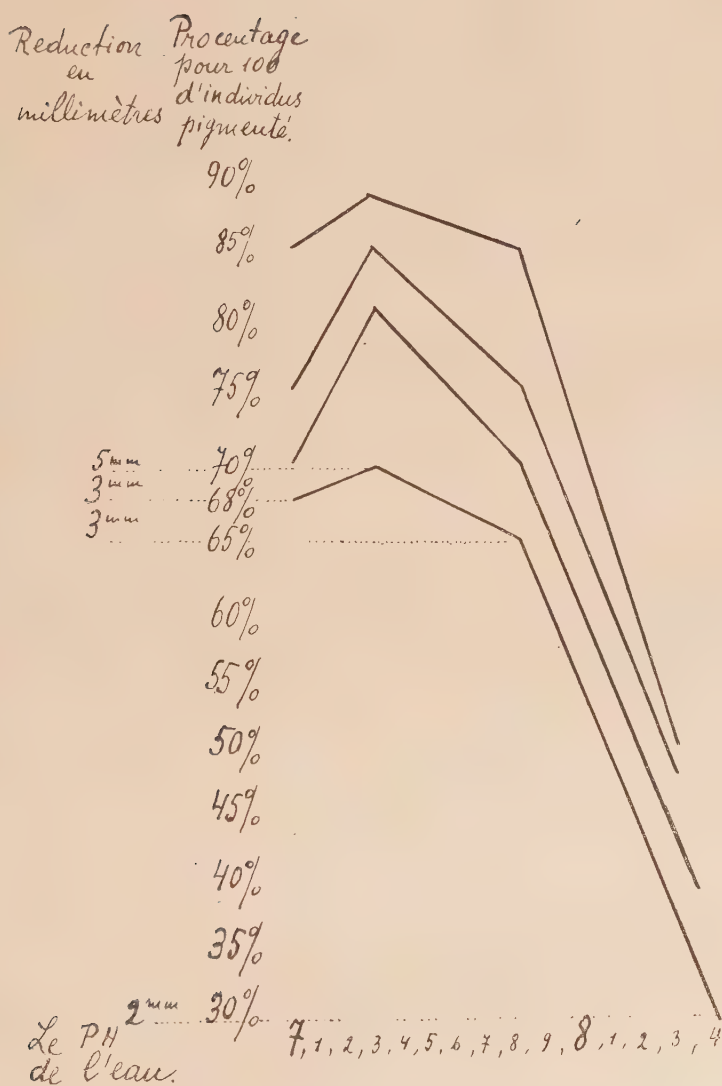


Fig. 14. — Réduction et pigmentation des individus en rapport avec le Ph de l'eau.

TABLEAU N° 8.

INFLUENCE DU PH DE L'EAU SUR LA PIGMENTATION ET RÉDUCTION
EN LONGUEUR DES CIVELLES

	Etat de développement du pigment	Pigmentation		Réduction	
		Nombre d'individus	Pourcentage p. 100	Longueur en millimètres	Réductions en millimètres
Civelles Nantes. Température de l'eau 15°. Le PH = 7-7,2. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 200.	VI A ₁	170	85 %	78	0
	VI A ₂	150	75 %	78	0
	VI A ₃	140	70 %	75	3
	VI A ₄	136	68 %	74	3
Civelles Nantes. Température de l'eau 15°. Le PH = 7,2-76. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 105.	VI A ₁	91	89 %	78	0
	VI A ₂	86	85 %	78	0
	VI A ₃	83	82 %	75	3
	VI A ₄	71	70 %	73	5
Civelles Nantes. Température de l'eau 15°. Le PH = 7,6-8,1. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 150.	VI A ₁	128	85 %	78	0
	VI A ₂	111	75 %	78	0
	VI A ₃	105	70 %	76	2
	VI A ₄	92	65 %	75	3
Civelles Nantes. Température de l'eau 15°. Le PH = 8,1-87. Durée d'expérience 38 jours. Nombre d'individus 80.	VI A ₁	40	50 %	78	0
	VI A ₄	39	48 %	78	0
	VI A ₃	37	45 %	77	1
	VI A ₄	32	30 %	76	2

IV. — Action de la lumière.

Nous avons observé d'autres conditions qui favorisent la pigmentation. Les éléments pigmentaires (mélanophores) produisent par leurs mouvements d'expansion et de contraction des modifications très rapides de la coloration de la Civelle.

De tout temps, les pêcheurs et les naturalistes ont remarqué que les Poissons vivant dans les rivières où les eaux sont transparentes et le fond éclairé, ont une livrée plus pauvre en pigments mélaniques que ceux vivant dans les rivières à fond obscur. En 1896 Carnot a énoncé que la lumière a une action très nette sur les cellules pigmentaires, accroît le nombre de pigments. L'auteur interprète cela comme un acte de défense contre la traversée des rayons chimiques. Il ajoute que l'animal tend à prendre la coloration du milieu ambiant ; plus le fond sera éclairé, plus il prendra une teinte claire. Or, nous pouvons dire que l'homochromie protectrice n'a pas plus d'importance que le rôle de protection des pigments dans l'organisme. Pour résoudre ce problème nous avons fait diverses expériences sur les Civelles incolores.

Nous avons étudié l'action de la lumière sur les mélanophores dans deux conditions différentes : dans la première, les parois de l'aquarium étaient noircies ; dans la deuxième, elles étaient blanches. Dans le 1^{er} cas, au fur et à mesure que les pigments

se forment, l'expansion des mélanophores reste constante, ils restent étalés jour et nuit. Les Civelles ne reçoivent en ce cas que les rayons incidents. Dans le 2^e cas, les individus reçoivent des rayons lumineux, donc ils nagent dans un bain lumineux ; ils perçoivent encore des rayons diffusés ou réfléchis. En ce cas, les chromatophores commencent à se contracter et la coloration générale des Civelles est plus claire. Nous avons aussi étudié l'action de *l'obscurité*. Pour cela, nous avons placé dans une cave des Civelles dans un bac où l'obscurité était complète. On a observé que toutes les Civelles ont leurs mélanophores contractés. Ceci avait été observé par MURISIER sur les alevins de truite.

En 1876, POUCHET a démontré la grande influence de la vision sur le changement de couleur produit par les contractions de chromatophores. A ce sujet nous avons beaucoup de publications dans la littérature données par SUMER et FRISCH.

MURISIER admet que l'état de contractions des cellules pigmentaires résulte de l'activité d'un centre réflexe chromato-constricteur, entretenue par l'excitation lumineuse de la partie supérieure de la rétine (fond blanc réfléchissant et diffusant), tandis que la lumière faible ou l'obscurité n'éclairent que la partie inférieure de la rétine, exercent sur le centre chromo-constricteur une action tonique qui maintient les mélanophores en état d'expansion, c'est-à-dire que les deux facteurs opposés

(lumière et obscurité totale produisent le même effet).

MURISIER conclut que les aveugles se comportent comme les normaux à l'obscurité totale et d'une manière inverse à la lumière et sur fond blanc.

D'après les expériences de FRISCH sur le Vairon. MURISIER admet que la lumière vive exerce une action antagoniste de celle résultant de la disparition des yeux ; elle inhibe l'activité du centre chromo-constricteur. FRISCH, excluant l'influence directe de la lumière sur les mélanophores, admet que la lumière agit sur un centre inhibiteur en relation avec le centre chromato-constricteur, c'est pourquoi les Vairons aveugles sur fond blanc ont les chromatophores étalés. Mais MURISIER demande : « Pourquoi sur fond blanc et dans les mêmes conditions d'éclairage cette inhibition se produit chez les aveugles qui ont leurs chromatophores étalés et non pas chez les normaux ? » Selon lui, il est probable que l'excitation du centre chromato-constricteur résultant de l'absence de sensation visuelle (aveugle) a une intensité moindre que celle qui provoque l'éclairement de la rétine (normaux).

Pour se rendre compte de cette action nous avons aveuglé quelques Civelles déjà pigmentées au moyen d'une aiguille portée au rouge. On a remarqué que, sur le fond blanc à la lumière vive les mélanophores sont étalés et dans l'obscurité contractés.

Non seulement la faculté d'adaptation chroma-

tique a disparu, mais il y a une hétérochromie frappante comme le prouvent des étalements de leurs chromatophores sur fond blanc. Nous avons remarqué que pendant les 30 premiers jours les Civelles aveugles ne sont sensibles, ni à la lumière vive, ni à l'obscurité ; après ce temps, elles commencent à être un peu sensibles. De plus, pendant la semaine qui suit l'aveuglement des Civelles on remarque que, pendant le jour, elles pâlissent nettement, tandis que pendant la nuit, il se produit une expansion sensible de leurs chromatophores.

Nous pensons pouvoir attribuer ces faits à une périodicité qui correspond à une contraction sensible des chromatophores pendant le jour et à un étalement durant la nuit.

En ce qui concerne l'insensibilité presque totale des Civelles pour la lumière pendant les 30 premiers jours de leur cécité, notre opinion est la suivante :

L'action de la lumière vive et de l'obscurité totale qui agissent sur les chromatophores étant deux facteurs opposés ne peuvent pas agir de la même manière, la lumière vive agit comme un excitant anormal et les chromatophores sont paralysés (non l'inhibition) car, jamais dans la nature les Civelles sténophotes ne subissent une action si vive de la lumière. Nous avons essayé de réaliser cela expérimentalement au laboratoire ; on voit que dans le milieu biologique normal les Civelles cherchent les endroits les moins éclairés.

On n'observe ce même fait dans le cas d'hyméra-

lopie chez l'homme, où l'action de la lumière est paralysante pour l'œil. Les excitants normaux qui agissent sur les mélanophores sont seulement la lumière diffuse et l'obscurité.

Ces excitants agissent par l'intermédiaire du centre chromato-constricteur décrit par MURISIER.

La lumière diffuse maintient le tonus des malanophores qui restent étalés tandis que l'obscurité totale (qui d'après moi ne peut être absolue) n'est pas suffisamment grande pour maintenir les chromatophores étalés.

C'est pourquoi je pense qu'il existe un centre chromatoconstricteur qui n'est soumis à l'influence d'aucun centre inhibiteur.

Mais nous avons fait une observation chez des Civelles aveugles : après 30 jours, certaines restent sombres jour et nuit ; d'autres, par contre, commencent à réagir si on les expose à une lumière forte. Il y a là une rééducation du centre chromatoconstricteur qui commence à être influencé par la lumière à moins qu'il n'intervienne un autre centre moins spécialisé. Nous pensons que la perte des yeux n'a pas influencé ce centre chromatoconstricteur, et que c'est la voie par où se fait l'excitation qui a changé. Chez les individus normaux l'excitation centripète passait par l'œil, tandis que chez nos Civelles aveuglées, on admet que le même sens est influencé mais par une voie différente et moins spécialisée, c'est pourquoi les variations des contractions chez les aveugles sont moins nettes

après 30 jours que chez les individus normaux.

Il semble maintenant intéressant de parler de la soi-disant homochromie protectrice et de l'utilité du pigment écran. Dans le cas présent, l'homochromie ne peut être retenue ; elle ne peut exister. D'après M. le professeur Rabaud, les naturalistes considèrent presque tous les animaux comme homochromes ; il suffit qu'un animal terrestre soit vert pour mériter ce qualificatif, cela sous prétexte que les feuilles sont vertes. Il en est de même pour les Poissons. On a beaucoup parlé et beaucoup abusé des « moyens de défense » qu'on attribue aux diverses teintes qu'ils prennent.

Pour nous, si la lumière produit une contraction des mélanophores des Civelles, la couleur de l'animal devenant plus claire, on ne peut voir là une homochromie. Les variations chromatiques des Civelles en ce qui concerne leur couleur générale, subissent l'influence du milieu extérieur. Beaucoup de facteurs agissent, et parmi eux l'oxygène dissout et la température.

Au point de vue de l'action de la température, nous avons fait l'observation suivante : la température d'un des bacs d'expérience muni d'un fond blanc est tombée de 15 et 16° à 7° ; les Civelles qui y étaient, pâlies du fait de la contraction de leurs chromatophores, sont devenues sombres, leurs chromatophores se sont étalés. Ensuite la température a été ramenée à 15 et 16° (température initiale) et les Civelles ont de nouveau pâli. Dans un des bacs, j'ai

fait un apport d'oxygène au moyen d'oxylithe et nous avons observé que, lorsque l'eau est sursaturée d'oxygène, les Civelles pâlisent, leurs chromatophores commencent à se contracter, quoique le fond du bac soit tout à fait noir. Cela signifie que la température et la teneur en oxygène de l'eau peuvent modifier la coloration, même en dehors de l'action de la lumière et indépendamment de la luminosité du fond de l'aquarium. Ici, l'homochromie est accidentelle et dépend de certaines conditions du milieu extérieur, c'est-à-dire : de la température, de l'oxygène dissout, etc..., et elle n'a aucune valeur protectrice.

En ce qui concerne le rôle du *pigment écran*, il doit être envisagé d'une manière générale, et non pas seulement comme l'ont fait plusieurs auteurs qui attribuent la contraction et l'étalement des mélanophores à un rôle de défense contre la lumière et la chaleur.

Dans la partie morphologique de mon travail, j'insiste sur les relations entre les mélanophores, les guanophores et le pigment jaune. Nous rappellerons que les mélanophores sont étroitement liés aux autres chromatophores, soit colorés (pigment jaune), soit remplis des cristaux de guanine (guanophore). Grâce à cela, nous avons un complexe qui agit contre les facteurs du milieu externe.

D'après nous, il ne faut pas envisager chaque sorte de cellules pigmentaires en particulier, mais

leur ensemble qui est capable de constituer le rôle du *pigment écran*.

Les mélanophores seuls protègent incomplètement le corps contre la lumière. Les états de contraction, d'étalement, et surtout leur émigration que nous avons décrits (dus aux changements de conditions externes) ne peuvent agir contre les rayons du soleil, auxquels les animaux sont exposés. A cet effet interviennent les guanophores qui contiennent dans leur protoplasma des cristaux de guanine et ont de ce fait un pouvoir de réflexion des rayons lumineux. Nous avons remarqué qu'il y a balancement entre le guanophore et le mélanophore et l'un est complété par l'autre. Sous l'action d'une lumière vive, le chromatophore se contracte, tandis que le guanophore entre en expansion, c'est-à-dire que les deux ne travaillent pas dans le même moment. Dans certaines circonstances, lorsque le guanophore est accolé au mélanophore, la couleur correspondante de la peau n'est plus noire, mais blanc argenté, tandis que la peau contenant seulement des cellules de guanine est blanc mat. Nous avons fait une petite expérience au moment où la pigmentation mélanique est terminée et au début de la pigmentation purique, pour mettre en évidence le rôle des guanophores. On a observé que chez les Civelles qui restent dans le bac à fond noir, le développement des guanophores sur les parties latéro-ventrales est normal, c'est à-dire peu abondant ; tandis que chez les individus restés sur fond blanc,

le nombre des guanophores est considérable. Cela signifie que ces cellules sont apparues pour protéger le corps contre la lumière blanche qui est nuisible dans la partie latéro-ventrale.

En ce qui concerne la 3^e sorte de cellules pigmentaires (cellules jaunes), nous pensons que ces cellules correspondent aux organes photogéniques dont sont pourvus beaucoup de Poissons qui vivent au fond de la mer. Ces organes photogéniques sont de véritables glandes incluses dans la peau, tandis que les cellules jaunes sont accolées sous la membrane basale et modifient la coloration extérieure du Poisson ; grâce au mouvement de leurs granules pigmentaires, elles produisent une lumière de teinte et d'intensité variables. Les cellules de pigment jaune sont jaune pâle ou jaune plus foncé, quelquefois roses. On ne doit pas expliquer ces différentes teintes par les modifications de constitution chimique des granules contenus dans la cellule, mais simplement par les mouvements de ces granules sous l'action de la température, l'oxygène, etc... ; le pigment est le même, c'est son aspect qui diffère.

Grâce à l'influence de la température et d'autres facteurs, on assiste à un mouvement continu des divers granules (mélanophores et cellules du pigment jaune) et des cristaux de guanine pour les guanophores. Tout cela contribue, sous l'excitation des facteurs du milieu ambiant, à protéger le corps de la lumière et quelquefois de la température. Il est intéressant de revenir sur quelques faits mentionnés

dans la partie morphologique pour nous rendre compte de l'action de la lumière sur l'*évolution et le développement du pigment*.

Le premier pigment qui apparaît est le pigment noir (mélanophores), immédiatement après, c'est le pigment jaune et ensuite les pigments puriques. Dans le bac d'expérience où la température était à peu près constante (20 à 21° l'eau peu oxygénée) la lumière *diffuse* que nous avons employée exerçait une bonne action sur les mélanophores qui se développaient en grande quantité. Nous nous rappelons les mêmes observations faites à Arcachon, où nous avons constaté que les Civelles sont *sténophotes*, c'est-à-dire aiment la lumière diffuse, tandis que l'éclat du soleil leur est nuisible.

En ce qui concerne les guanophores, nos expériences ont démontré l'inverse; une lumière intense et très vive, les fait paraître abondamment; et c'est pourquoi dans nos bacs d'expérience très éclairés et tapissés de papier blanc, le développement de guanophore était considérable.

Les pigments carotinoïdes (contenus dans les cellules jaunes) paraissent être influencés aussi par la lumière. Nous avons observé que la lumière colorée, particulièrement la lumière jaune verte, obtenue en tapissant le fond et les parois du bac avec des algues, a une action très favorable sur le développement des pigments jaunes de nos Civelles. L'action des autres facteurs expérimentés au laboratoire (température, oxygène dissous, salinité, Ph),

semblent ne pas avoir d'influence sur les cellules à guanine, ni sur les cellules jaunes. C'est la pigmentation mélanique qui est seule influencée.

La pigmentation mélanique commence la première ; nous l'avons constaté chez les Civelles au stade VB de Strubberg. Cette pigmentation finit dans le stade VIB de Strubberg, quand la pigmentation mélanique de la phase civellaire est achevée.

Les cellules jaunes apparaissent avant la fin de la pigmentation mélanique, c'est-à-dire au début du stade VI A4 de Strubberg. On a vu que chez presque tous les mélanophores qui appartenaient à la ligne médio-latérale, ou à la ligne dorso-latérale (le long du myosepta) il existait une cellule jaune, de forme globuleuse, sans ramifications. Cette cellule est presque accolée au mélanophore et elle est plus visible quand le mélanophore est contracté. Nous avons observé ces faits en examinant, par transparence, au microscope des civelles vivantes (anesthésiées). A partir du stade VI A4, ces cellules commencent à progresser.

Les guanophores apparaissent un peu plus tard au stade VI A4, d'abord sur la ligne médio-latérale, le long des myosepta et surtout sur la face ventrale des Civelles. Ils apparaissent brusquement comme des petites cellules incolores qui ne contiennent pas de cristaux de guanine ; plus tard seulement, elles se chargent de ces cristaux, quelquefois apparaissent sous l'aspect d'une couronne de grains entourant un noyau ovalaires.

V. — Influence de l'alimentation sur le développement du pigment chez la Civelle.

Plusieurs auteurs se sont occupés des variations quantitatives de la mélanine et du pigment jaune et purique en fonction de la quantité de nourriture absorbée ; et leurs résultats sont très différents.

Nous avons réparti les Civelles en trois lots : à l'un, nous fournissons une nourriture abondante, à l'autre une quantité d'aliments correspondant à des besoins normaux ; le troisième était soumis au jeûne absolu. Nous avons constaté les résultats en examinant au microscope, la peau des Civelles vivantes. Dans le premier cas, nous avons évalué la quantité du pigment et les rapports qui existent entre les trois pigments pour pouvoir faire une comparaison entre les différents états. Dans le deuxième cas, nous avons vu que les mélanophores, les guanophores, et les cellules jaunes apparaissent dans le même temps et qu'il n'y a aucune différence appréciable dans la pigmentation de la Civelle. Dans le troisième cas, nous avons vu que les Civelles étaient plus maigres, mais la disposition des trois pigments était comme dans le premier cas.

Il faut noter que les Civelles commençant à manger au début du stade VI A2 (1) de Strubberg, toutes ces expériences ont été observées à partir de ce stade.

Dans la nature, comme nous avons déjà vu, les Civelles trouvent à partir de ce stade, dans l'estuaire, une nourriture abondante qui peut satisfaire leur voracité.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1^o L'épiderme de l'Anguille est caractérisé par la présence de cellules en massue (Kolbenzollen des Allemands), de cellules muqueuses particulièrement développées et l'absence de kératine dans les éléments superficiels.

Le derme contient, incluses (dans le tissu conjonctif subjacent) les écailles qui sont des plaquettes de tissu fibreux sur lesquelles sont d'autres plaquettes calcaires.

On trouve sous la membrane basale une région conjonctive qui s'insinue dans le tissu adipeux subjacent et la couche musculaire.

2^o Les pigments de la peau d'Anguille sont :

a) Le pigment jaune contenu dans les cellules placées immédiatement au-dessous de la membrane basale ; ce pigment jaune est un mélange de carotinoïdes et des lipoïde divers et leur ensemble forme un réseau coloré en jaune.

b) Les guanophores forment un réseau localisé sous la membrane basale et revêtent les muscles d'un véritable stratum argenteum. Ce réseau est localisé près des mélanophores.

c) Les mélanophores sont localisés sous la mem-

brane basale dans les régions conjonctives du derme, entre le tissu adipeux et les muscles.

3° Au moment de la montée (STADE VB DE STRUBBERG), la Civelle en coupe transversale a une enveloppe interne pigmentaire qui entoure la moelle presque complètement. Sous la membrane basale, on voit seulement dans la région caudale, sur les flancs, et dans la région correspondant à la tache céphalique des pigments mélaniques qui sont exclusivement dermiques, parce que l'épiderme ne renferme pas de pigment. Il faut ajouter le pigment de l'œil.

A partir du stade VI A3 Strubberg, on voit une enveloppe mélanique cutanée, périneurale, péricœlomique et périvasculaire et des dépôts mélaniques dans des organes lymphatiques et quelques organes lymphoïdes. Nous trouvons aussi du pigment dans l'épiderme.

On trouve près des vrais mélanophores d'origine mésenchymateuse, beaucoup de cellules pigmentaires d'origine leucocytaire.

A partir du stade VIA4 commence la pigmentation purique précédée par la formation des pigments jaunes.

A la fin du stade VIB Strubberg les cellules pigmentaires migratrices diminuent et l'épiderme reste apigmenté.

4° L'évolution du pigment mélanique influe sur l'état physiologique de la Civelle.

Nous avons observé une erythrophagocytose,

l'apparition de tissu lymphoïdes dans les divers organes, diminution des graisses dans tout l'organisme et l'apparition des cellules pigmentaires mésenchymateuses et des leucocytes pigmentifères.

Ces derniers qui ont un rôle migrateur aident l'organisme à se débarrasser des débris dus au phénomène d'érythrolyse générale, et à la fin de la pigmentation, les leucocytes pigmentifères deviennent plus rares.

5° Chez l'Anguille jaune et chez l'Anguille argentée seulement, les proportions des chromatophores des diverses catégories changent, car chez l'Anguille argentée les mélanophores et les pigments jaunes sont envahis par des cellules à guanine, tandis que chez l'Anguille jaune, c'est le contraire.

L'apparition du pigment purique chez l'Anguille argentée est due au métabolisme général influencé par la sexualité. Mais on ne doit pas prendre l'argenture observée chez les deux sexes de l'anguille argentée au début de son élaboration sexuelle, comme caractère sexuel secondaire, parce qu'on ne peut pas contrôler chez les deux sexes leur parure de noces.

6° La diminution du poids et de la longueur des Civelles est fonction du développement du pigment et des dents.

7° Les Civelles commencent à s'alimenter entre les stades VB et VIA₁ de STRUBBERG au moment où leurs dents poussent. Cela correspond avec leur entrée dans l'eau douce.

8° La longueur initiale des Civelles varie selon les individus et dépend de l'endroit et de l'époque de la pêche.

9° La diminution de poids et de longueur des Civelles et la pigmentation sont influencées par les caractères physico-chimiques du milieu naturel.

10° La salinité retarde la pigmentation, tandis que l'eau douce la favorise.

11° Les Civelles sont euryioniques. L'optimum de Ph qui agit sur la pigmentation doit être considéré comme compris entre 7,1 et 7,4 (Ph de l'eau douce).

12° La pigmentation est inversement proportionnelle à la teneur en oxygène de l'eau et directement proportionnelle à la température, en tenant compte des limites extrêmes.

13° Les Civelles sont sténophotes. La lumière diffuse accélère la pigmentation mélanique, et la lumière vive accélère la pigmentation purique ; tandis que le développement du pigment jaune paraît être influencé par la lumière jaune verte.

14° L'alimentation n'a aucune influence sur la pigmentation.

BIBLIOGRAPHIE

- Abolin (N.)*. — Beeinflussung des Fischfarbwechsels durch chemikalien (Arch. fur. Mikr. Anat. Entwickl. Berlin, Bd 104, 1925).
- Audige (I.)*. — Contribution à l'étude des reins des Poissons Téléostéens (Arch. zool. expérim. et gén., t. IV, 1910).
- Aron (Max)*. — Recherches morphologiques et expérimentales sur le déterminisme des caractères sexuels mâles chez les Urodèles, 1924 (Arch. Biol., t. 34).
- Asvadourova (N.)*. — Sur la microchimie des cellules pigmentaires (Comptes rendus de l'Association des Anatomistes, 1909, IIe réunion).
- Formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments, 1913 (Arch. Anat. Mic., t. 15, 1913).
- Bach*. — Zur kenntniss der tyrosinase (Chem. Ber., 42, 1919).
- Ballowitz (E.)*. — Die Innervation der Chromatophoren (Verhandl. d. Anat. Ges. Vers., 1893).
- Über chromatische organe in der Haut von knochenfischen in Anat. Anz., vol. 42. Heft 7-8, 1912.
 - Über schwarz rote und sternförmige Farbzellen kombi- nation in der haut von gobiiden. Ibid., vol. 106, Heft 4, 1913.
 - Chromatische organe, mélaniridosome, in der haut der Barsche (Perca und Acerina) in Ztschr. viss. Zool., vol. 110, Heft 1, 1904.
 - Über die Erythrophoren und ihre Vereinigungen mit Iri-
- A. Panu

- docyten und mélanophoren bei *Hémichromis bimaculatus*
Gill. in Arch. Zellforsch., vol. 14. Heft 2, 1915.
- Becher.* — Über chromatische organe in du haut einheimischer
Fische (Zool. Iarb. Iéna. Abt. Anat., 45, 1924).
- Bertrand.* — Recherches sur la mélanogénèse (Bul. Soc. chimique.
Paris, 1908).
- Bolin.* — L'évolution du pigment, 1901 (Scient. Paris).
- Borrel (A.).* — Cellules pigmentaires et associations cellulaires
(C. R. Soc. Biol. Paris, t. 74, 1913).
- Brachet.* — Traité d'embryologie des Vertébrés. Masson, 1925.
- Carnot.* — Recherches sur le mécanisme de la pigmentation
(Bul. scient. Fr. et Bel., 30, 1897).
- Ciaccio (C.).* — Untersuch uber du auto-oxydation der lipoidstoffe
(Biochem. Ztschr., 1915).
- Claude et Loyez (Mlle).* — Sur les pigments dérivés de l'hémoglo-
bine (C. R. Soc. Biol., 1911).
- Corti (A.).* — Contributo alla determinazione specifica delle cel-
lule mononucleate migranti nell epitelio indestinole ed
allo studio delle loro funzione (Haematologica, vol. III,
1922).
- Courrier (R.).* — Etude préliminaire du déterminisme des carac-
tères sexuels secondaires chez les Poissons (Arch. Anat.
Hist. et Embryol., 1922. Strasbourg).
- Drzewina (A.).* — Contribution à l'étude du tissu lymphoïde des
Ichtyopsidés (Arch. Zool. exp. et gen. (4), tome 3,
1905).
- Fischel (A.).* — Ueber Beeinflussung und Entwicklung die pig-
menten (Arc. F. Mikr. Anat., Bd 47, 1896).
- Fottinger (A.).* — Recherches sur la structure de l'épiderme des
Cyclostomes.
- Franz.* — Die biologische Bedeutung des Silberglanzes in der
Fischhaut (Biol. Ctblatt, Bd 27, 1907).

- Farbwechselversuche am Hechte (Arch. F. Entwick-
lungsmech. d. Organismen, 28, 1909).
- Frisch* (V.). — Über Farbige Anpassung bei Fischen. Zool.
Jahrb. Abt. F. (Zool. u. Physiol., 32, 1912).
- Beiträge zur physiologie der Pigmentzellen in der Fis-
chhaut (Arch. F. D. ges. Physiol., 138, 1911).
- Gilson* (G.). — L'Anguille (Annal. Soc. Zool. et malacol. de Belgique,
tome 43, 1908).
- Golovine*. — Etude sur les cellules pigmentaires des Vertébrés
(Annales de l'Institut Pasteur, 1907).
- Grassi* (B.). — Metamorfosi dei Murenoidi (Regio. Comitato.
Talassografico. Italiano, 1913).
- Guilliermond* (A.). — Recherche sur l'origine des chromoplastes
et le mode de formation des pigments du groupe des
xanthophylles et des carotines, 1919 (Rev. Gén. Bota-
nique, t. 31).
- Hymans van der Bergh und Muller*. — Das lipochrome Pigment
in blutserum und organen Xanthosis, 1920 (Biochem.
Zeitschr., Bd 108).
- Hornýold* (A.-G.). — Mensurations des Civelles (Angulas) du
Llobregat (Publications de la Junta de Ciencias Natu-
rels de Barcelonne, 1925).
- Observations sur le sexe des Anguilles (C. R. Assoc.
franc. avanc. sci., 1926).
- Observations sur la longueur et le poids des Civelles du
bassin d'Arcachon (Bul. Stat. Biol. Arcachon. Bordeaux,
22, 1925).
- Mensurations des Civelles de la Loire (Bul. Soc. Cent.
aqui. Pêche Clermont, 1925).
- Observations sur l'âge et la croissance des Anguilles
pêchées sur les bancs d'huîtres d'Arcachon (Bul. Stat.
Biol. Arcachon. Bordeaux, 21, 1924).

- La House (E.).* — Contribution à l'étude des modifications morphologiques de la cellule hépatique pendant la sécrétion (Arch. Biol., t. VII, 1887).
- Langerhans.* — Unters. uber Petromyzon Planeri. Ber. Naturw. Ges. (Freiburg 1/B 1875).
- Leydig.* — Neue beitrage zur anatomischen kenntnis der hautdecke und hautsinnesorgane der Fische (Fest. schr. d. Nat. ges. zu Halle, 1879).
- List (G. H.).* — Ueber die herkunft des pigmentes der oberhaut. (Biol. Cth. latt. Bd. 10, 1890-1891).
- Lode.* — Beitrage zur Anatomie und physiologie des farbenwechsels der Fische (Sitz. Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Zu Wien. Bd. 99, 1890).
- Maurer.* — Die Epidermis und euhre Abkömmlinge.
- Mayerhofer.* — Farhenwechselversuche am Hecht (*Esox lucius*) in : (Arch. Entw. Mech. d. organismen. hrsgeg. von. W. Roux, vol. 28, 1909).
- Millot (E.).* — Le pigment purique chez les vertébrés inférieurs (Bulletin biologique de la France et de la Belgique, 57, 1923).
- Moreau (E.).* — Histoire naturelle des poissons de la France. Paris, Masson, 1891.
- Mulon (P.).* — Rôle des lipoides dans la pigmentogénèse, 1913 (C. R. Soc. Biol.).
- Murisier (P.).* — Le pigment mélanique de la truite (Revue suisse de zoologie, 28, nos 3, 9, 13, 1920).
- Ognoff.* — Ueber die Veränderungen in den chromatophoren bei Axoloth und goldfischen bei dauerdund Lichtenbehrung und Hungern. (Anat. Anz. Bd. 32, 1908).
- Panu (A.).* — Sur les cellules pigmentaires de la peau de l'Anguille (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, 1^{er} février 1929).

- Sur l'influence des caractères physico-chimiques du milieu sur l'évolution du pigment, de l'état physiologique de l'anguille (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, 25 mai 1929).
- De l'influence de l'évolution du pigment mélanique sur l'état physiologique de la Civelles (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, 22 juin 1929).
- Sur l'état de la pigmentation des jeunes civelles au moment de la montée (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, 20 juillet 1929).

Panu et Verrier. — Contribution à l'étude du pigment et des variations chromatiques de *Phyllium siecifolium* (Comptes rendus des séances de la Société de Biologie, 20 avril 1929).

Palmer (L. S.). — Carotinoids and related pigments, (Chemical catalog. New-York, 1922).

Policard et Mawas. — Le tissu lymphoïde du rein des Téléostéens (C. R. Assoc. An. 9^e réunion, 1907).

Pouchet (G.). — Des changements de coloration sous l'influence des nerfs (Journal de l'anatomie et de la physiologie normale et pathol. de l'homme et des animaux, t. XII. Paris, 1876).

Popovici-Bazosanu. — Les colorations homochromes individuelles, 1911 (Ann. Biol.).

Prenant (A.). — Observations sur les cellules pigmentaires et le pigment des Amphibiens (G. R. Ass. anat., Nancy, 1909).

- Recherches sur le développement du réseau pigmentaire et des autres chromatocytes chez les larves de Batraciens, (Arch. anat. Hist. et Embryologie, Strasbourg, 1923).

Prenant (M.). — Sur l'apparition de l'hémoglobine dans les

- hématies des Vertébrés (C. R. Soc. Biol. 1921).
- Prowazek (S.)*. — Beitrag zur pigmentfrage (Zool. Anz. Bd. 23, 1909).
- Przibram (H.)*. — Ursachen tierischer farbkleidung II théorie (Arch. F. Entwicklungsmech. d. Organismen, 45, 1919).
- Quinson.* — L'eau de mer milieu organique. Paris, Masson et Cie, Editeurs, 1912).
- Rabaud (E.)*. — La variation chromatique et l'homochromie des Arthropodes terrestres (Bull. biologique de la France et de la Belgique, 1923).
- Adaptation et évolution (Biol. t. III, 1913).
 - J. H. Fabre et la Science. Paris, Chiron, 1925.
 - Eléments de biologie générale. Paris, Alcan, 1927.
- Roule (L.)*. — Les poissons migrateurs, leur vie et leur pêche. Flammarion, Paris.
- L'embryologie comparée. Paris, Reinwald Cie, 1894.
 - Tableau de détermination des poissons des eaux douces de la France (Presses universitaires, 1924).
- Salvioli Sachetto.* — Ricerche sul metabolismo dei lipodi e dei grassi nelle cellule epatiche di animali diginanti od avvelenati con fosforo (Gazz. Osp. e. Cliniche, Anno XIII, Milano, 1921).
- Schmidt (W. I.)*. — Einiges uber die entwicklung der guanophoren bei amphibien (Annat. Hefte. Bd. 59, 1920-1921);
- Die chromatophoren der Reptilienhaut in Arch. mikrosk. Anat. V. I, 40, Abt. I, p. 98).
- Schnakenbeck.* — Vergleichende untersuchungen uber die pigmentierung mariner Fische (Zs mikr. Anat. Forch. Leipzig, 4, 1925).
- Secerow Slavko.* — Farbenwechsel auder bartgrundel (Nemachinus barbatula S) in Arch. Entw. Mech., Vol. 28, 1909.

- Schulze* (Fv. V.). — Epithel und Drüsenzellen (Arch. F. Milv. Anat., III, 1864).
- Schulze* (Max). — Die kolbenförmige gebilde in der haut von Petromyzon (Arch. F. Anat. Phys., 1861).
- Strubberg* (A.). — The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions (Meddelelser fra Kommissionen for havundersogelser Brud, IV, 1913).
- Summer* (F.). — The adjustement of flatfishes to various back-grounds: A study of adaptive colourchange (Journ. exp. Zool., vol. 1911).
- Schmidt* (Joh.). — Contributions to the life history of the Eel (*Anguilles vulgaires*) (Rapports et procès verbaux du Conseil Internat. pour l'exploitation de la mer, vol. V, 1906).
- Vaillant*. — Remarques sur la composition chimique de l'Anguille à différents états de son développement (C. R. Soc. Biol., 1903).
- Verne* (I.). — Les pigments tegumentaires des crustacés décapodes (Arch. de morphologie générale et expérimentale, vol. XVI, 1923).
- Vernoe* (T. B.). — Viscero-cutane reflexe (Arch. ges. Physiol., Berlin, 210, 1925).
- Verne*. — Les pigments dans l'organisme animal (Encyclopédie scientifique. Doin, Paris).
- Verne* (I.). — Sur l'oxydation du carotène des Crustacés (C. R. Soc. Biol., 1920).
- Virieux* (A.). — Epithélium mixte chez les Vertébrés (Arch. anat., histologie et embryologie. Strasbourg, 1926).
- Wagner* (K.). — Beiträge zur Entscheidung der jugendlichen farbkleides der Forelle (Intern. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. Biol. supp. (2) 3 Bd 3, 1910).
- Zimmermann* (R. V.). — Studien über Pigmentzellen. Über die

Anordnung des archiplasmes in den pigmentzellen der
knochenfische (Arch. F. Mikv. Anat. Bd. 41, 1893).

- Ueber die Kontraktion der Pigmentzellen der Knochen-
fische (Vert. Anat. Gesell., 1893).

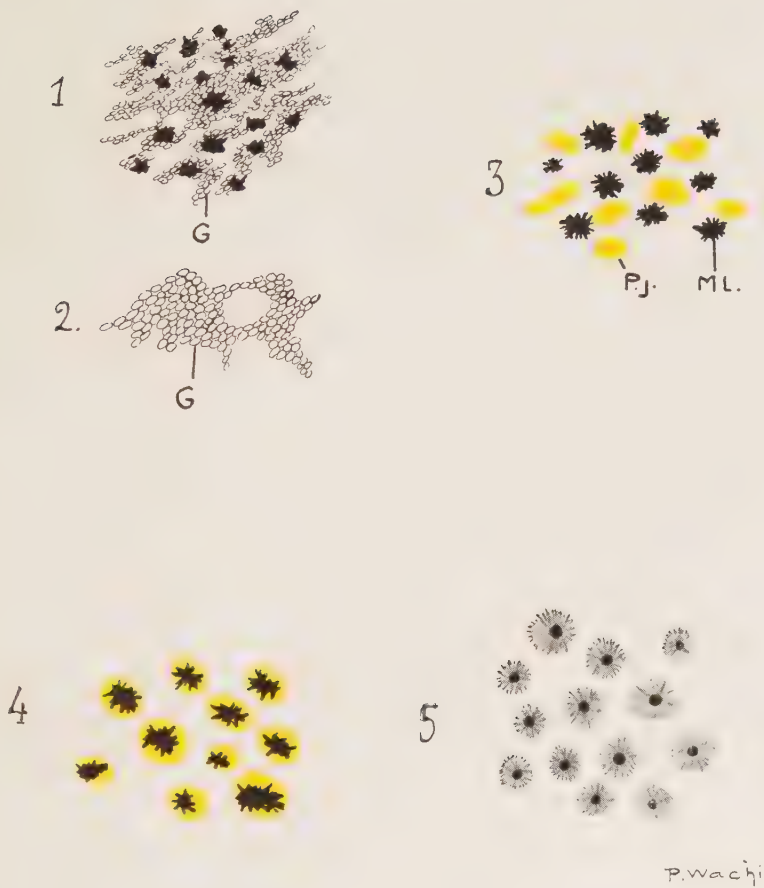


PLANCHE I

FIGURE 1. — Jeunes guanophores et mélanophores. Peau de Civelle (stade VIB) $\times 80$.

FIGURE 2. — Jeune guanophore $\times 120$.

FIGURE 3. — Jeunes guanophores et jeunes cellules jaunes. Peau de Civelle (stade VIB) $\times 80$.

FIGURE 4. — Les mélanophores contractés laissent voir le pigment jaune

FIGURE 5. — Les mélanophores contractés.

Abréviations communes à toutes les figures :

Ml = mélanophore ; G = guanophore ; Pj = pigment jaune.

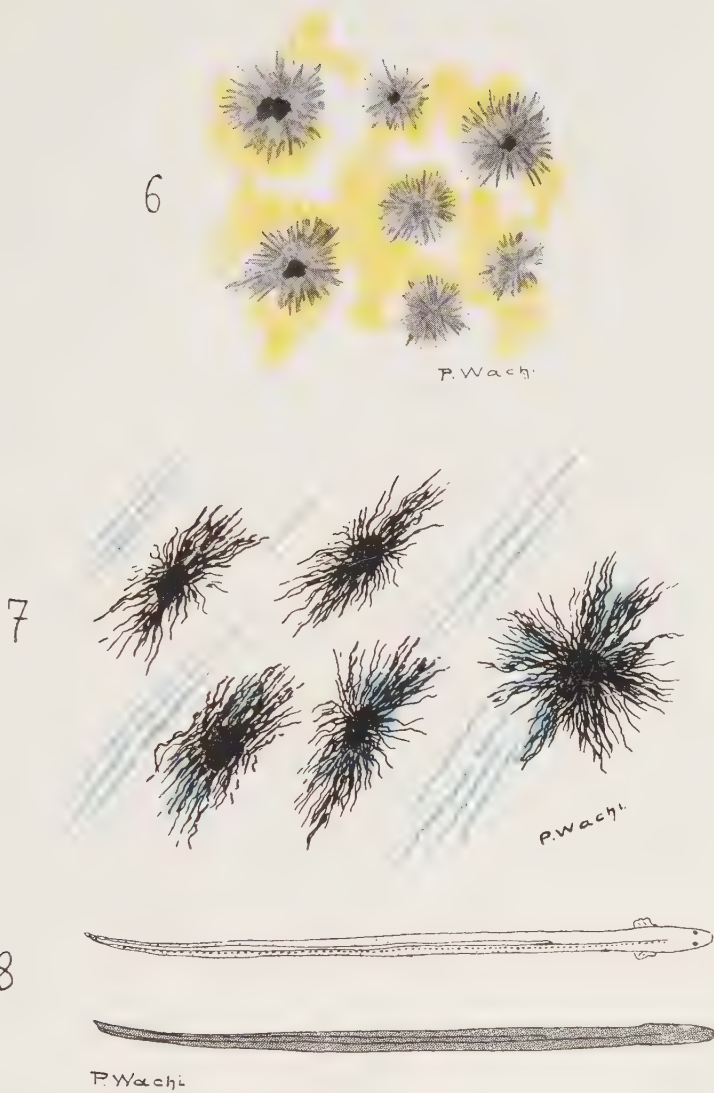


PLANCHE II

FIGURE 6. — Mélanophores et cellules jaunes. Peau d'Anguille
× 120.

FIGURE 7. — Mélanophores et guanophores. Peau d'Anguille
× 120.

FIGURE 8. — Civelse normale et civelse aveuglé élevé sur le fond
blanc à la lumière intense.

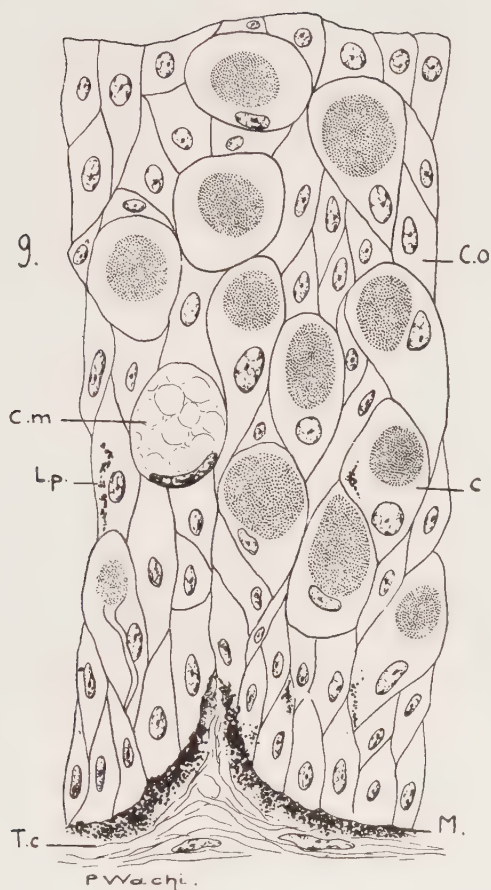
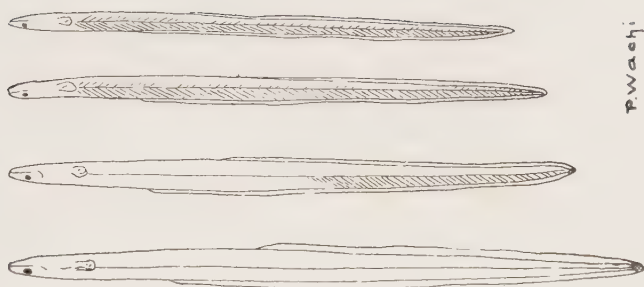


PLANCHE III

FIGURE 9. — Coupe dans la peau de l'Anguille Leitz Oc. Comp.
8 obj. imm. hom. $1/12 \times a$. Camera lucida.

M = mélanophore ; *G* = cellule en massue ; *Cm* = cellule
muqueuse ; *Co* = cellule ordinaire ; *Tc* = tissu conjonctif ;
Lp = leucocyte pigmentifère.

10



p.wach.

11

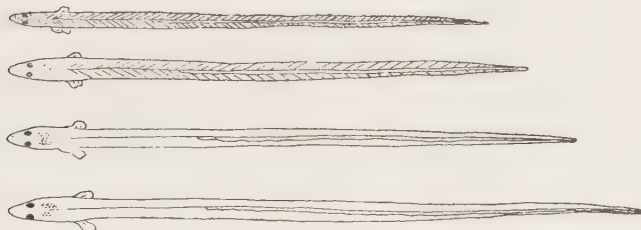


PLANCHE IV

FIGURE 10. — Phénomène de réductions et de pigmentations chez les Cuvieres (vue latérale).

FIGURE 11. — Phénomène de réductions et de pigmentations chez les Cuvieres (vue dorsale).

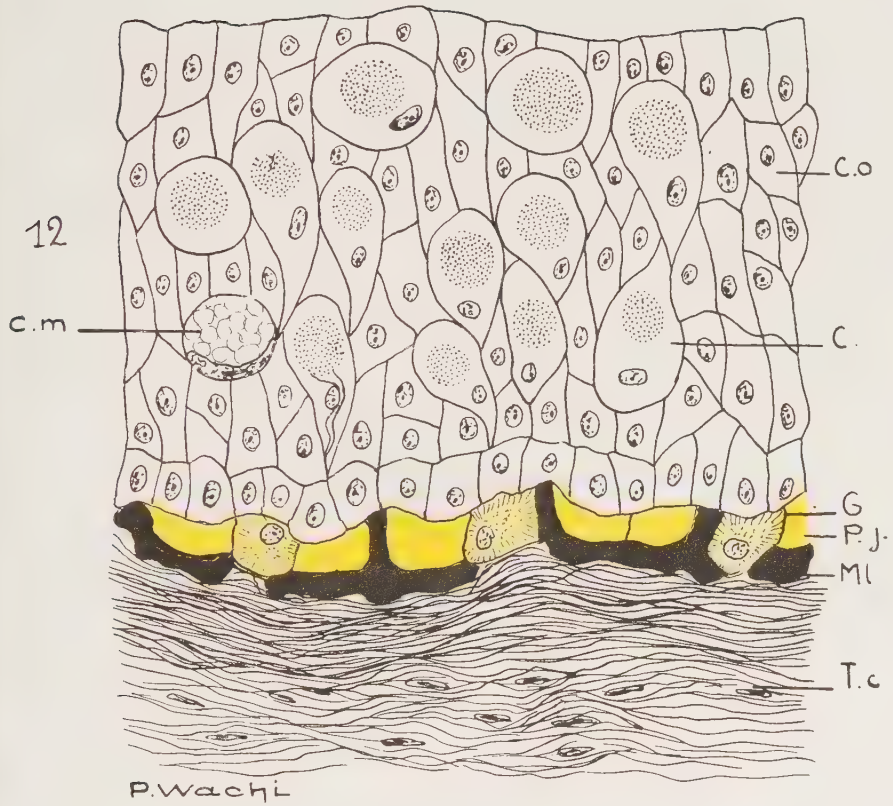
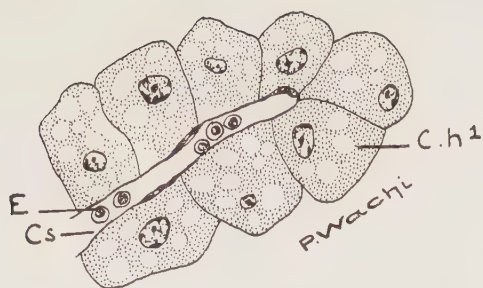


PLANCHE V

FIGURE 12. — Coupe dans la peau de l'Anguille.

G = guanophore ; *Ml* = mélanophores ; *Pj* = pigment jaune ;
C = cellule en massue ; *Cm* = cellule muqueuse ; *Co* = cellule ordinaire ; *Tc* = tissu conjonctif $\times 1020$.

13



14

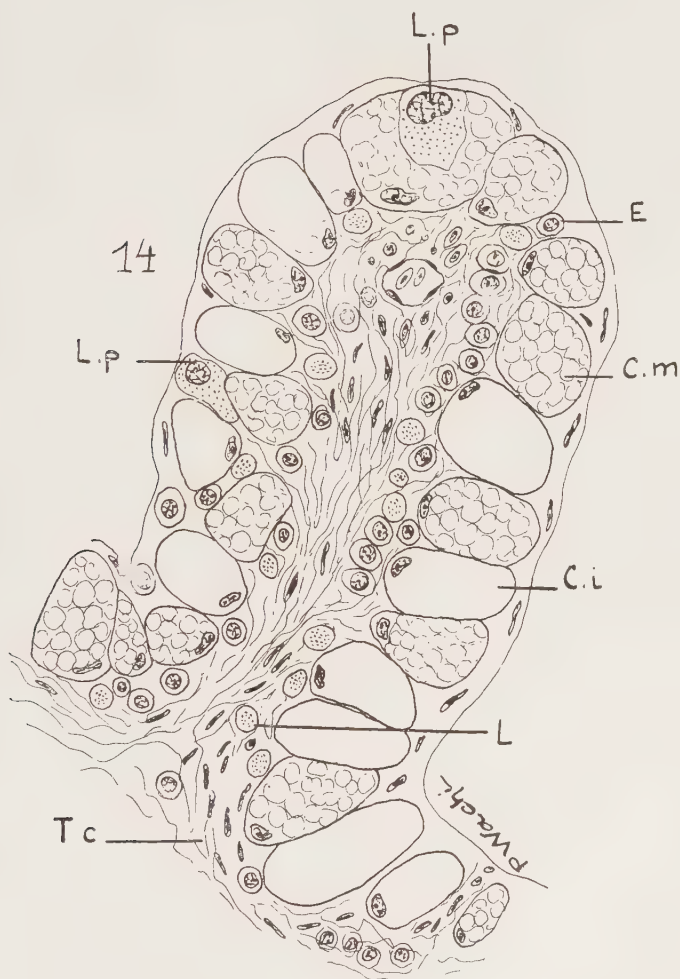


PLANCHE VI

FIGURE 13. — Coupe dans le foie de Civel (stade VI A₃ Struberg) × 1020.

FIGURE 14. — Coupe dans l'intestin de Civel (Stade VI A₃ Struberg) Oc comp 8 obj. imm. hom. 1/12 a Camera lucida.

Abréviations communes à toutes les figures. — E = Eritrocyte; C. h¹ = cellule hépatique vacuolisée; Cs = capillaire sanguin; Ci = cellule intestinale; Cm = cellule muqueuse; Lp = leucocyte pigmentifère; L = leucocyte; Tc = tissu conjonctif.

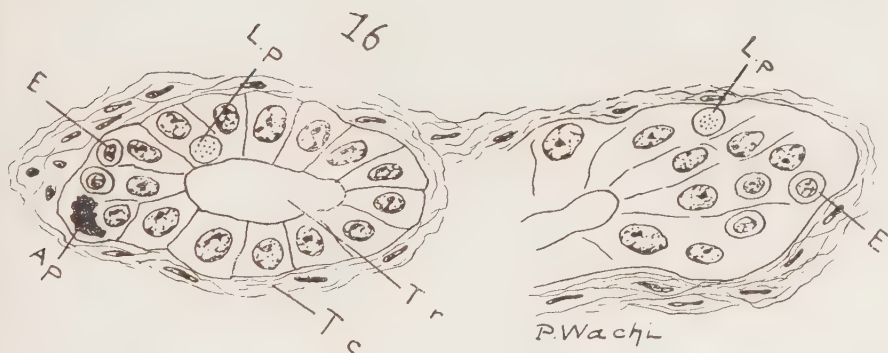
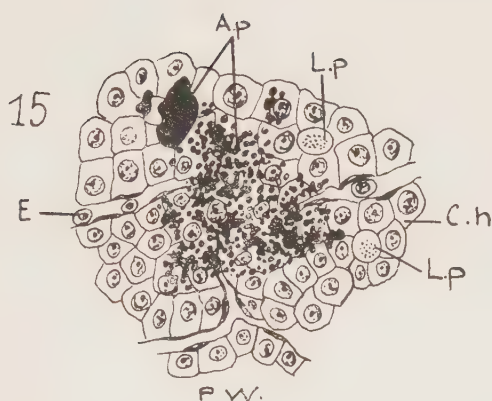


PLANCHE VII

FIGURE 15. — Coupe dans le foie de Civelle (Stade VI A₄ Strubberg) × 1020.

FIGURE 16. — Coupe dans rein de Civelle (Stade VI A₄ Strubberg)
Oc. comp. 8 obj. imm. hom. 1/12 a Camera lucida.

Abréviations communes à toutes les figures :

Ch = cellule hépatique ; Lp = leucocyte pigmentifère ;
E = éritrocyte ; Ap = amas pigmentifère ; E = éritrocyte ;
Tc = tissu conjonctif ; Tv = tube rénal.

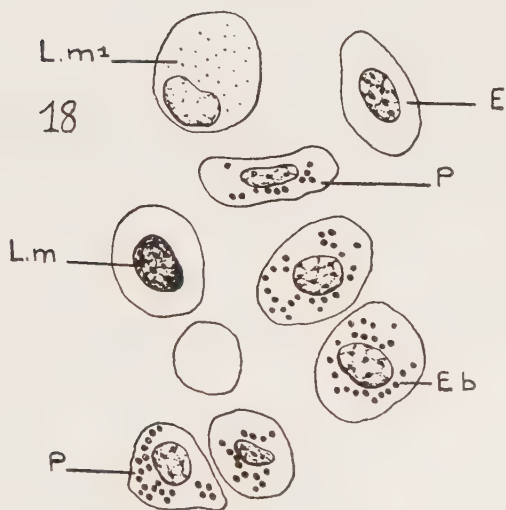
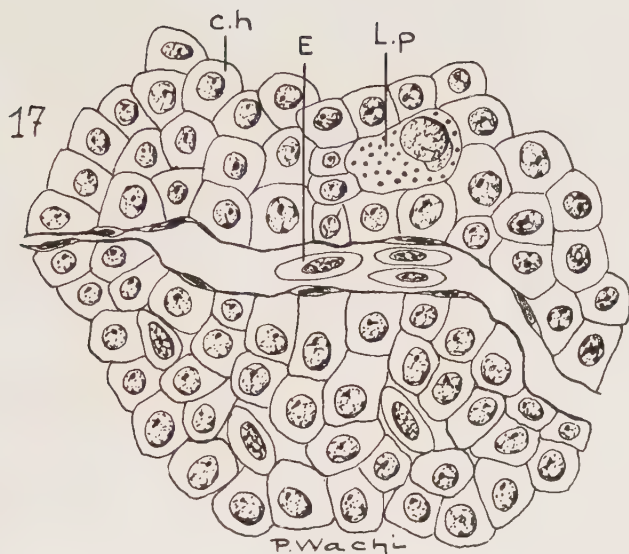


PLANCHE VIII

FIGURE 17. — Coupe dans le foie de Civelle (Stade VI A₃ Strubberg) Leitz Oc. Comp. 8 ; obj. imm. hom. 1/12 a. Camera lucida.

FIGURE 18. — Sang Civelle stade (VI A₄ Strubberg) × 1020.

Abréviations communes à toutes les figures. — *Lp* = Leucocyte pigmentifère ; *E* = Eritrocyte ; *Ch* = Cellule hépatique ; *Eb* = Eritrocyte basophile ; *Lm* = Leucocyte mononucéaire ; *Lm₁* = Leucocyte mononucéaire avec granulation pigmentifère ; *P* = Forme de poikilocytose.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION	7

PREMIÈRE PARTIE

Etude Morphologique

CHAPITRE PREMIER. — Historique.....	9
CHAPITRE II. — Pigmentation des Civelles. Dentition de la Civelle	17
CHAPITRE III. — Morphologie de la Peau de l'Anguille....	24
CHAPITRE IV. — Les pigments de la peau d'Anguille. Le pigment jaune, les guanophores, les mélanophores...	30
CHAPITRE V. — Etudes de l'évolution du pigment. La pig- mentation chez l'Anguille jaune et au moment de la ma- tured sexuelle.....	47
CHAPITRE VI. — Apparition des mélanophores et phéno- mènes généraux de réduction.....	64

DEUXIÈME PARTIE

Etude biologique.

CHAPITRE PREMIER. — Phénomène de réduction chez la Ci- velle.....	81
A. Panu	II

CHAPITRE II. — Considérations sur les caractères physico-chimiques du milieu naturel et action de ce milieu sur l'évolution du pigment. Salinité, le Ph, la Température, Oxygène dissout, Lumière et alimentation.....	86
CHAPITRE III. — Expérience destinées a compléter et vérifier les observations faites dans la nature Salinité, Température, le Ph. Lumière, Alimentation.....	105
CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....	133
BIBLIOGRAPHIE	137

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Le Néogène en Roumanie.

La Chlorophylle.

Vu et approuvé :

Paris, le 10 juillet 1929.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

C. MAURAIN

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY

